



# Utbytesprognoser av rotstående skog

- En studie av ett datasystem för apteringssimulering samt prov att generera prognoser för tillämpning i produktionsplanering vid skogsförvaltning och sågverk

**Lars Fridh**

**Arbetsrapport 62 1999**

---

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Institutionen för skoglig resurshushållning  
och geomatik

S-901 83 UMEÅ

Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-14 19 15, 77 81 16

ISSN 1401-1204

ISRN SLU-SRG-AR--62 --SE



# Utbytesprognoser av rotstående skog

- En studie av ett datasystem för apteringssimulering samt prov att generera prognoser för tillämpning i produktionsplanering vid skogsförvaltning och sågverk

**Lars Fridh**

## Arbetsrapport 62 1999

Examensarbete i skoglig planering

Handledare: Ljusk Ola Eriksson, SLU

Magnus Larsson, SCA Forest and Timber AB

---

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Institutionen för skoglig resurshushållning  
och geomatik

S-901 83 UMEÅ

Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-14 19 15, 77 81 16

ISSN 1401-1204

ISRN SLU-SRG-AR--62 --SE

## FÖRORD

*"I dag är förmodligen den mest bortglömda grundregeln när det gäller företagsledning den nära kundkontakten. Den är nödvändig om man skall tillfredsställa kundens behov och förutse hans önsknings. I allt för många företag har kunden blivit en jökla olägenhet vars oförutsägbara beteende förstör noggrant utarbetade strategiska planer, vars verksamhet fördärvar databehandlingen och som är envis nog att insistera på att de produkter han köpt skall fungera."*

*Lew Young, f.d. chefredaktör på Business Week.*

Jag har, långt innan jag påbörjade mina studier på Jägmästarprogrammet, alltid varit stimulerad och fascinerad av planering. Obeskrivlig är den känsla av tillfredsställelse som infinner sig, när planerna sammanfaller med verkligheten, när man uppfyller och i synnerhet överträffar sina egna men framför allt någon annans förväntningar. Men för detta måste man ha tillgång till goda informationer.

Denna uppsats, i ämnet skoglig planering, utgör mitt examensarbete om 20 studiepoäng. Jag har genom detta arbete givits möjligheten att få fördjupa mig i och behandla en liten del av ett skogligt planeringsproblem. Arbetet har utförts vid institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå. Värd företag, som tillika har initierat och finansierat arbetet, har varit SCA Forest and Timber AB.

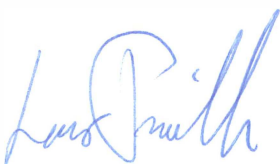
Till min handledare och examinator vid SLU, *professor Ljusk Ola Eriksson*, vill jag framföra ett varmt tack för hans stora engagemang och för hans stora vilja att dela med sig av sin kunskap. Otaliga var de gånger då jag oannonserad tittade in på hans tjänsterum för en kort konsultation, som inte allt för sällan blev det både en och två timmar. Med sitt tålamod och sin vetenskapliga skarpsynthet, bistod han mig med ovärderlig hjälp till examensarbetets färdigställande.

Vid dataföretaget Berget Systemdesign AB, vill jag rikta ett särskilt tack till *Björn Danielsson*, för att han ledde mig in i beräkningsalgoritmernas och databasernas ofta komplexa värld. Han och hans kollegor var en mycket värdefull hjälp, när jag skulle ta mig igenom de systemtekniska problemen.

Vid värd företaget SCA Forest and Timber AB vill jag tacka, först och främst, min handledare *Magnus Larsson*, som initierade detta arbete. Magnus visade mig ett stort förtroende då jag fick en mycket stor frihet att självständigt och på eget ansvar ta del av företagets interna angelägenheter, för att kunna genomföra detta arbete. Han har alltid varit öppen för att bolla idéer och diskutera problem, och hans förståelse för uppgiften och dess arbetsmetodik, har varit ett stort stöd. Bland övriga vid SCA vill jag särskilt tacka *Göran Tjernberg, Per Fohlin och Morgen Yngvesson*, för deras hjälp och stora engagemang, samt för att de delgav mig hur det fungerar, eller inte fungerar, ute i verkligheten. Det är min förhoppning att resultaten skall kunna vara Er till hjälp för att få fram de informationer Ni söker.

Avslutningsvis vill jag rikta en tacksamhetens tanke till mina kamrater på kurs 94/99, för deras stöd och uppmuntran. Mången gång har det varit i goda kamraters glada lag som jag kunnat hämta nya krafter inför uppgiften med att färdigställa detta examensarbete. Tack och lycka till.

Umeå i augusti 1999



Lars Fridh

## ABSTRACT

In the Swedish sawmill industries of today, there is a change in production philosophies towards a greater adoption to customer demands. This leads to that the sawmills will have higher demands on beforehand information about the character of the raw material e.g. the timbers distribution in diameter-, length- and quality. One way to get this information could be by generate forecasts with computerised bucking simulation.

The purpose of this study has been to illustrate what impact the algorithmic control data and stand describing input data has in computerised bucking simulation. The BASS-BEST/UPR data system was used to generate timber forecasts on forest stands. The optimisation algorithm was a variant on dynamic programming, which maximises the value of the stand. The input data was from SCA Forest and Timber AB, who also initiated and financed this study. A couple of consequence computing was done for the control data. A number of forecast was generated were the extension of stand input data was varied In total was seven different stands used in this study. The forecasts were compered to measured results at the sawmills industries.

The study showed that:

- The diameter distribution has central significance for the result. The computing of the distribution should be based on inventory data. Using stand mean values will underestimate the amount of stems in the thinnest and largest diameters.
- The volume functions for single trees created by Brandel were giving better results than the Näslund functions.
- When simulating stem damage and decay damage the proportion of timber will decrease linearly with increasing rate of damaged stems.
- Using data from the sample trees embodying diameter, hight, green krown hight and the higt of the upper limit of quality 3 was giving the best forecasts.

The study also showed that it is possible to do acceptable forecast with computerised bucking simulation, but more studies with a larger input data material is needed to calibrate the system for best forecast results.

## SAMMANFATTNING

Inom den svenska sågverksindustrin pågår idag en omdaningsprocess, i syfte att öka graden av kundorderstyrd produktion. Detta medför ökade krav på sågverkens förhandsinformation om råvarans beskaffenhet, med avseende på timrets fördelning i diameter, längd och kvalitet. Ett sätt att skaffa denna information kan vara att simulera apteringen för de planerade avverkningarna.

Syftet med denna studie har varit att belysa vilken inverkan styrparametrar och omfattning på indata har för prognosresultatet vid simulerad aptering. Ett datasystem ,BASS-BEST/UPR, användes vid apteringssimuleringen för att generera utbytesprognoser av rotstående skog. Optimeringsalgoritmen i systemet är en variant på dynamisk programmering där beräkningsrutinen är en värdeoptimering som maximerar värdet i kronor. Dataunderlaget kommer från SCA Forest and Timber AB, som har initierat och finansierat detta arbete. Materialet omfattar fyra talldominerade bestånd från Norrbotten och tre grandominerade bestånd från Medelpad. I studien gjordes ett antal konsekvensberäkningar för ett antal parametrar som styr optimeringen. Ett antal prognoser genererades där omfattningen på data som beskriver bestånden varierades. Dessa prognoser jämfördes sedan mot inmätt resultat vid industri.

Beståndets diameterfördelning är av central betydelse för resultatet, och bör baseras på ett inventerat material. Användandet av beståndsmedelvärden gav en kraftig underskattning av antalet stammar i de klenaste och grövsta diameterklasserna. Vid valet av att använda Brandels eller Näslunds volymfunktioner för enskilda träd gav Brandels funktioner något mindre avvikelser vid jämförandet mellan utbytesprognos och inmätt resultat. I systemet kan man simulera skador och röta. Man anger andelen skadade och rötade stammar. För både skada och röta, övergår andelen timmer till massa linjärt, vid en stigande frekvens av antalet skadade och rötade stammar. För skador var övergången 0,9 procentenheter för var tionde procentenhet som skadefrekvensen ökades. För röta var övergången 2 procentenheter för var tionde procentenhet som frekvensen för antalet rötade stammar ökades.

Då omfattningen på indata som beskriver bestånden varierades, gav resultaten generellt att ju mer omfattande indata är desto bättre blir prognosen. Det mest omfattande indata hade uppgifter om provträdens diameter, höjd, krongränshöjd och höjden för övre gränsen för kvalitet 3. Största avvikelserna mellan prognos och inmätt resultat erhöles då beståndsmedelvärden användes.

Studien visar att det är möjligt att skapa prognoser med godtagbara resultat, men det krävs fortsatta studier med ett större dataunderlag för att kunna säkerställa parametrarnas inverkan och för kalibrering av systemet.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD .....	1
ABSTRACT.....	2
SAMMANFATTNING .....	3
INNEHÅLLSFÖRTECKNING .....	4
1. INLEDNING .....	6
1.1 BAKGRUND .....	6
1.2 SYFTE.....	6
1.3 DISPOSITION .....	7
2. BASS-BEST/UPR- ETT SYSTEM FÖR UTBYTESPROGNOSER AV ROTSTÅENDE SKOG .....	8
2.1 BERÄKNINGSGÅNGEN VID UTBYTESPROGNOSTISERING I BASS-BEST/UPR .....	9
2.1.1 Skapa bestånd - beräkningsunderlag för prognoser .....	9
2.1.2 Utbytesberäkningsrutinen .....	9
2.2 DATAMODULEN BEST-BESTÅND/TRÄDSLÄGSREGISTER.....	11
2.2.1 Trädslagskod.....	11
2.2.2 Indata .....	11
2.2.3 Diameterfördelning .....	12
2.2.4 Regressionsanalyser.....	13
2.2.5 Höjdkurvor.....	13
2.2.6 Kubering.....	14
2.2.7 Kvalitet .....	14
2.2.8 Skador .....	15
2.2.9 Standardvärden för utbytesprognos .....	15
2.2.10 Utbytesalternativ .....	16
2.2.11 Val av metod för utbytesberäkning.....	16
2.2.12 Prisomräkning.....	16
2.2.13 Resultatet av beräkningarna .....	16
2.3 DATAMODULEN UPR-UTBYTESPROGNOS, STYRDATAHANTERARE .....	17
2.3.1 Barktjocklek .....	17
2.3.2 Barkavsmalning .....	17
2.3.3 Form.....	17
2.3.4 Diameteravsmalning .....	18
2.3.5 Grönkrona.....	18
2.3.6 Stam-/ Stockkvalitet.....	18
2.3.7 Sortiment/Prislistor .....	20
3. MATERIAL .....	21
3.1 DATA FRÅN NORRBOTTEN - TALLDOMINERADE BESTÅND .....	21
3.2 DATA FRÅN MEDELPAD - GRANDOMINERADE BESTÅND .....	22
3.3 PRISLISTOR .....	22
4. METODER.....	23
4.1 BEARBETNING AV INDATA .....	23
4.2 KONSEKVENSANALYSER .....	23
4.2.1 Diameterfördelning .....	23
4.2.2 Volymfunktioner .....	23
4.2.3 Simulering av kvalitetsfördelning.....	24
4.2.4 Simulering av skador.....	25
4.2.5 Simulering av röta.....	25
4.3 JÄMFÖRELSE MELLAN PROGNOSE OCH ERHÅLLET UTFALL .....	25
4.3.1 Fördelningsgrader .....	25
4.3.2 Avvikelser i volym och antal stock .....	27

4.4	UTBYTESPROGNOSER MED OLIKA OMFATTNING PÅ INDATA .....	28
4.4.1	Talldominerade bestånd – Norrbotten .....	28
4.4.2	Grandominerade bestånd - Medelpad.....	28
<b>5.</b>	<b>RESULTAT .....</b>	<b>29</b>
5.1	KONSEKVENSANALYSER .....	29
5.1.1	Diameterfördelning .....	29
5.1.3	Simulering av kvalitetsfördelning.....	33
5.1.4	Simulering av skador.....	33
5.1.5	Simulering av röta.....	34
5.2	UTBYTESPROGNOSER MED OLIKA OMFATTNING PÅ INDATA .....	35
5.2.1	Talldominerade bestånd - Norrbotten.....	35
5.2.2	Grandominerade bestånd - Medelpad.....	36
<b>6.</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>39</b>
6.1	KONSEKVENSANALYSER .....	39
6.1.1	Diameterfördelning.....	39
6.1.2	Volymfunktioner.....	39
6.1.3	Kvalitetsfördelning.....	40
6.1.4	Skador och röta.....	40
6.2	OMFATTNING PÅ INDATA .....	40
6.2.1	Talldominerade bestånd - Norrbotten.....	40
6.2.2	Grandominerade bestånd - Medelpad.....	41
6.3	DATASYSTEMET BASS-BEST/UPR.....	41
6.4	SLUTSATSER .....	42
<b>7.</b>	<b>REKOMMENDATIONER FÖR TILLÄMPNING OCH UTVECKLING AV SYSTEMET..</b>	<b>43</b>
<b>REFERENSER.....</b>		<b>46</b>
	LITTERATURFÖRTECKNING .....	46
	PERSONLIGA MEDDELANDEN .....	47
<b>BILAGOR.....</b>		<b>48</b>
	BILAGA 1 TERMER OCH BEGREPP .....	I
	BILAGA 2 BETAFÖRDELNING .....	II
	BILAGA 3 GEOGRAFISK INDELNING AV DATA FÖR BARKTJOCKLEK/ -AVSMALNING OCH FORM.....	III
	BILAGA 4 BESTÅNDSMEDELVÄRDEN SAMTLIGA TRÄDSLÄG.....	IV
	BILAGA 5 AVVIKELSER I STOCKNOTOR- TALLDOMINERADE BESTÅND, NORRBOTTEN.....	V
	BILAGA 6 AVVIKELSER I STOCKNOTOR- GRANDOMINERADE BESTÅND, MEDELPAD.....	VII

# 1. INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

Inom den svenska sågverksindustrin pågår idag en omdaningsprocess av produktionen, mot tydligare kundorientering och högre andel specialiserade produkter. Sågverksföretag ingår djupare samarbete med stora kunder i syfte att knyta dessa närmare till sig, för att därigenom stärka sina positioner på marknaden och bli mindre konjunkturberoende (Djurberg, 1996). Detta får till följd att råvaruproduktionen i skogen, i än större grad än idag, kommer att styras av sågverkens behov. För företag med stora skogsinnehav och en egen sågverksindustri, kommer möjligheten att kunna styra virkesproduktionen mot sågverkens behov att vara en stor konkurrensfördel.

En ökad grad av kundorderstyrning medför att sågverkens krav på förhandsinformation om råvarans beskaffenhet ökar. Detta i sin tur medför att leverantörerna av skogsråvara måste kunna prognostisera utfallet av avverkningarna med avseende på timrets diameter-, längd-, och kvalitetsfördelning. De traditionella systemen för att prognostisera utfallet tillhandahåller inte denna information, utan oftast tämligen grova skattningar för volymer av timmer och massaved. Ett sätt att skaffa sig den önskade informationen kan vara att simulera apteringen för de planerade avverkningarna. Ett flertal system för att kunna simulera aptering har under de senaste åren tagits fram. Som exempel kan nämnas Aptan och Daptbas (se Kihlbom och Sondell 1994). I takt med att teknikutvecklingen ger oss kraftfullare och snabbare datorer, utvecklas nya programvaror med vars hjälp man kan hantera stora mängder data och göra kvalificerade beräkningar. Systemen blir mer omfattande och det krävs goda informationer om bestånden och dess egenskaper. Med en ökning av insamlandet av beståndsinformation följer stigande kostnader.

Inom SCA Forest and Timber pågår en process att koppla skog och såg närmare varandra. Strävan är att kunna få fram förhandsinformation om råvaran, och att tillredningen av timmer skall kundanpassas. För att sågverken skall ha tillgång till goda halvårs- eller kvartalsvis planeringsunderlag, är prognoserna för utfallet av de avverkade volymernas fördelning av fundamental vikt. För den mer kortsiktiga planeringen kan skördardata användas för att korrigera dessa prognoser.

SCA Forest and Timber har initierat detta arbete för att skapa underlag till bedömningen om det finns ett ekonomiskt incitament att anskaffa ett system för simulerad aptering. För detta underlag krävs att informationsbehovet specificeras. Vilka parametrar har stor inverkan på prognosresultatet? Hur säkra är prognoserna? Dessutom måste rutiner för den operationella hanteringen ses över. Vilka befintliga rutiner måste ändras? Hur skall systemet tillämpas och av vem? Finns det andra tillämpningar på systemet? När detta är känt finns ett underlag både för ekonomisk bedömning och för fortsatt arbete med processen att integrera skog och såg mot en mera kundorderstyrd produktion.

## 1.2 Syfte

Ett kvalificerat system för simulerad aptering med omfattande datahantering och beräkningsalgoritmer är BASS- BEST/UPR, framtaget av Berget Systemdesign AB i Falun. För beräkningsproceduren fordras en mängd datauppgifter dels för beståndens beskaffenhet och dels för ett antal parametrar som styr optimeringsalgoritmen.



Ett syfte med detta arbete är att belysa vilken inverkan styrparametrar och omfattning på indata har för genererandet av utbytesprognoser för tillämpning i drivningsplaneringen vid skogsförvaltning samt i produktionsplaneringen vid sågverk. Prognoserna avser stocknotor för timmer och volymer för timmer och massaved.

Ytterligare ett syfte är att utifrån resultaten ta fram rekommendationer till SCA Forest and Timber AB för operativ tillämpning av systemet med hänsyn tagen till befintliga företagsrutiner, samt att ge förslag till utveckling av både system och företagsrutiner. Rekommendationer tas även fram för fortsatta studier av andra tillämpningar för systemet än de som presenteras i detta arbete.

### **1.3 Disposition**

I ett arbete som detta, är det oundvikligt att ett stort antal termer och begrepp, med diffus eller mångfacetterad innebörd, måste användas. För att klargöra och undvika missförstånd ges i Bilaga 1 definitionen av ett antal termer och begrepp som återkommer ofta i texten.

För att läsaren skall kunna sätta sig in i hur utbytesprognoserna tas fram och vilka data som hanteras har en beskrivning gjorts av datasystemet BASS-BEST/UPR. Beskrivningen återfinns i kapitel 2 och omfattar de definitioner, data, beräkningsfunktioner och algoritmer som respektive datamodul hanterar.

Materialet till denna studie omfattar både tall- och grandminerade bestånd med data från SCA:s förvaltningar i Norrbotten och Medelpad. En beskrivningen över materialets omfattning återfinns i kapitel 3.

I kapitel 4 ges en beskrivning över ett antal metoder för bearbetning, konsekvensberäkning och jämförelse av data. Dessa har använts för analys av ett antal styrparametrar och beräkningsalgoritmer samt av utbytesprognosernas resultat.

Resultaten från studien återfinns i kapitel 5. Först redogörs för resultatet av konsekvensanalyser över ett antal styrparametrar i systemet och sedan för utbytesprognoserna vid val av olika omfattning på indata.

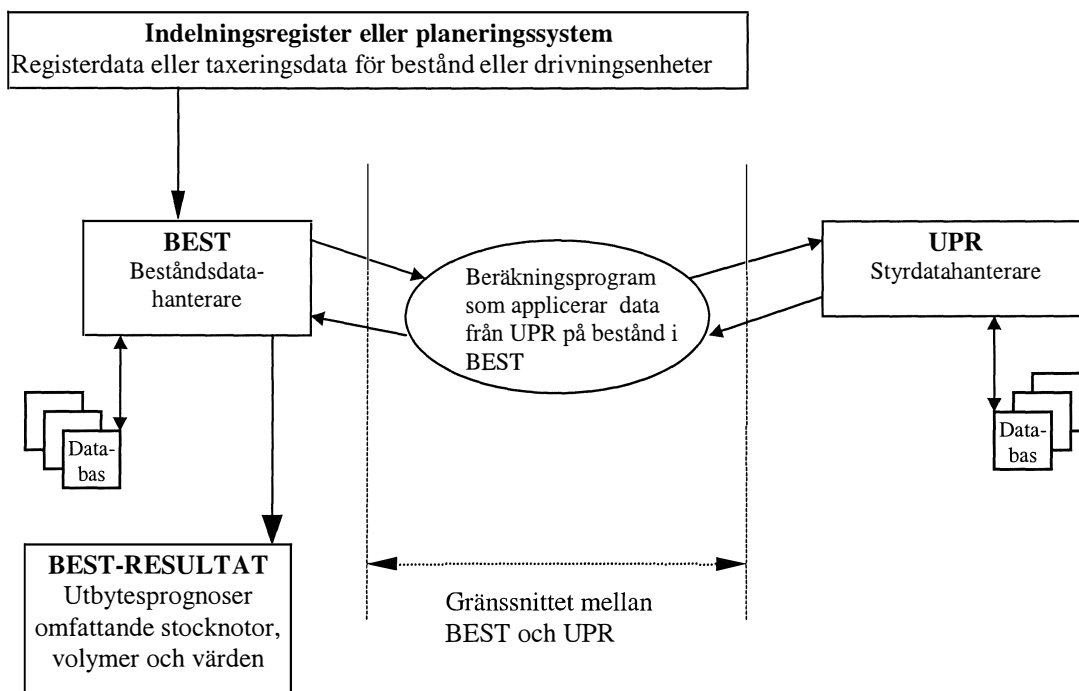
En avslutande diskussion presenteras i kapitel 6. Den behandlar datasystemet samt resultatet av studien. Den avslutas med en sammanfattning av de slutsatser som har dragits.

Hela kapitel 7 omfattar rekommendationer till SCA Forest and Timber AB avseende tillämpningar och utveckling av systemet i företagets operativa miljö. Texten innehåller information om interna angelägenheter inom företaget, varför hela kapitlet är utelämnat i den offentliga versionen av detta arbete.

## 2. BASS-BEST/UPR- ETT SYSTEM FÖR UTBYTESPROGNOSER AV ROTSTÅENDE SKOG

Bassystem Skog & Såg (BASS) är ett datasystem framtaget av Berget Systemdesign AB i Falun. Systemet är uppbyggt av ett antal olika datamoduler avsedda för olika skogliga tillämpningar t.ex. utbytesprognoser, indelningsregister, avverkningsberäkning, sågoptimering mm. Systemen använder sig av Oracle databashanterare med Developer 2000 formulärhanterare.

Datamodulerna BEST och UPR utgör tillsammans ett system för utbytesprognoser av rotstående skog. Datamodulerna innehåller varsin egen databas och har egna beräkningsprogram samt en egen formulärhanterare som gör att systemet kan köras självständigt. De är konstruerade att kunna slasköras under ett eller flera överliggande system samtidigt. Exempel på överliggande system är indelningsregister och planeringssystem för t.ex. drivningsplanering eller virkesköp. Figur 1 ger en schematisk bild över systemet med datamoduler och informationsflöden.



**Figur 1. Schematisk bild över hur datamodulerna BEST och UPR bildar ett system för utbytesprognoser av rotstående skog. Heldragna pilar visar informationsflöden.**

Modulen BEST hanterar de beståndsdata som skall ligga till grund för utbytesberäkningarna. Data är uppdelat i två delar där den ena beskriver identiteten och den andra delen beskriver själva trädslagsdata. Beroende av omfattningen på indata används olika beräkningsfunktioner för att till varje trädslag skapa en teoretisk diameterfördelning, tilldela trädhöjd, höjd för grönkronans gräns, stamkvalitet, volym, stamantal mm. Samtliga trädslagsdata omräknas så att de är gällande för en hektar. I modulen styrs och definieras utbytesberäkningarna och här hanteras även resultatet.

I modulen UPR hanteras de styrdata t.ex. uppgifter om barktjocklek, diameteravsmalning, formkvot mm som ligger till grund för beräkning av stammens form och volym. Data ligger sorterat i tabeller och är hämtat från olika statistiska material. Här hanteras även definitionen av sortiment och prislistor.

I gränssnittet mellan BEST och UPR opererar ett antal beräkningsprogram som applicerar data från UPR på bestånd i BEST. Resultatet för beräkningen av utbytesprognosen fås som stocknotor, volymer samt utbytets värde i kronor. Beräkningsrutinen för prognoserna är en värdeoptimering som maximerar värdet i kronor. Optimeringsalgoritmen är en variant på dynamisk programmering.

Detta kapitel är indelat i tre avsnitt. Avsnitt 2.1 beskriver stegvis hur utbytesberäkningen går till. De två avsnitten 2.2 och 2.3 beskriver de två datamodulerna BEST respektive UPR och de data samt beräkningsfunktioner som hanteras av respektive modul.

I texten finns ett stort antal hänvisningar till olika avsnitt i kapitlet. Det är författarens rekommendation att kapitlet först läses igenom, utan hänsyn till dessa hänvisningar. I ett komplext datasystem som detta är många funktioner och variabler kopplade till varandra. Det underlättar förståelsen av systemets uppbyggnad och funktion, om man först får en helhetsbild, och sedan går tillbaka till enskilda delar för att se hur de är sammankopplade i systemet.

## **2.1 Beräkningsgången vid utbytesprognostisering i BASS-BEST/UPR**

Vid genererandet av utbytesprognoser är beräkningarna delade i två delar. Den första är att skapa det bestånd som skall prognostiseras och detta utförs i modulen BEST. Den andra är själva utbytesberäkningen av detta bestånd. Dessa beräkningar utförs av programrutiner som applicerar data från modulen UPR på beståndsdata från modulen BEST.

Beräkningsrutinerna i systemet är omfattande varför den följande beskrivningen av beräkningsgången är mycket förenklad.

### *2.1.1 Skapa bestånd - beräkningsunderlag för prognoser*

Med data från ett register eller från mätning i fält görs för varje trädslag följande:

1. En diameterfördelning skapas som gäller för en hektar. - *avsnitt 2.2.3*
2. Regressionsanalyser görs för att ta fram funktionskonstanter - *avsnitt 2.2.4*
3. Kubering av bestånd och beräkning av stamantal, gy mm. - *avsnitt 2.2.6*

Nu finns beståndsdata för att kunna göra utbytesberäkning.

### *2.1.2 Utbytesberäkningsrutinen*

Utbytesberäkning kan bara göras för ett trädslag i taget. Innan beräkningen startas skall prislistor, standardvärden för utbytesprognos, utbytesalternativ samt metod för beräkning definieras (se 2.3.7, 2.2.9-2.2.11). Därefter görs beräkning enligt följande punkter:

- A) Systemet hämtar diameterfördelningen för det aktuella trädslaget i beståndet som skall prognostiseras.
1. Diametervärdet från första diameterklassen i diameterfördelningen hämtas. - *avsnitt 2.2.3*
  2. En trädhöjd ansätts till diametern med hjälp av höjdfunktionen. - *avsnitt 2.2.5*
  3. Barken räknas bort från stammen m.h.a funktioner för barktjocklek/-avsmalning - *avsnitt 2.3.1-2.3.2*
  4. En spridning kring trädhöjden skapas genom att ansätta en normalfördelad sannolikhetsfördelning om nio höjder till diametern.
  5. Höjden för grönkronans gräns ansätts med höjdfunktion eller tabelldata. - *avsnitt 2.3.5*
  6. Höjden för kvalitet 3-gränsen ansätts på stammen med höjdfunktion eller tabelldata. - *avsnitt 2.2.7*
  7. En sannolikhetsfördelning för höjden till övre gränsen för kvalitet 3 skapas. Sju till tio olika kvalitetshöjder ansätts med normalfördelning till var och en av de nio trädhöjderna i punkt 4. Antalet kvalitetshöjder är beroende av diametern samt av vilken noggrannhet i beräkningen som definierats i Standardvärden för utbytesprognos - *avsnitt 2.2.9*
  8. Systemet har nu för den aktuella diametern skapat mellan 63 och 90 olika stamprofiler med varierande höjd och kvalitetshöjd. Varje stamprofil har ett viktat värde. Dessa stammar kommer nu att börja apteras.
  9. Prislisorna läses in.
    - i) Systemet tilldelar varje stamprofil en formkvot -*avsnitt 2.3.3*
    - ii) För varje stamprofil tilldelas en diameteravsmalning utifrån tabelldata som styrs av den formkvot som erhöles i punkt i) -*avsnitt 2.3.4*
    - iii) Om röta har definierats görs nu beräkning för var och en av stamprofilerna och eventuella kapställen läggs ut. - *avsnitt 2.2.8.B*
    - iv) Övriga kvalitetsklasser läggs ut längs med respektive stamprofil. - *avsnitt 2.3.6*
    - v) Om tvångskap på grund av skador har definierats görs beräkningar för dessa och kapställen läggs ut längs med stamprofilerna. - *avsnitt 2.2.8.A*
    - vi) Optimeringen av apteringen körs. Vid beräkningen räknas diametern i 1/10 mm och längden i hela cm. Resultatet förs över och lagras i en separat fil.
    - vii) Om kvalitetsjustering har definierats beräknas denna - *avsnitt 2.2.9*
    - viii) Volymer korrigeras för de eventuella kvalitetsjusteringarna.
    - ix) Resultatet för var och en av de olika stamprofilerna viktas och summeras. Det summerade resultatet räknas sedan upp med antalet stammar i den aktuella diameterklassen.
  10. Beräkning börjar om för den andra diameterklassen. Rutinen kör punkt 1 till punkt 10 tills dess att samtliga diameterklasser i diameterfördelningen har beräknats.
- B) När alla beräkningar är klara förs det slutliga resultatet över till två olika databastabeller och kan åskådliggöras. - *avsnitt 2.2.13*

## 2.2 Datamodulen BEST-bestånd/trädslagsregister

### 2.2.1 Trädslagskod

För att rätt beräkningsfunktioner och styrdata skall kunna användas till respektive trädslag så är en serie interna trädslagskoder definierade. Om t.ex. ett indelningsregister använder sig av andra koder så måste dessa definieras så att systemet vet vad respektive kod motsvarar enligt den interna kodserien. Nedan visas ett exempel över trädslagskoderna.

Om man vill att t.ex. contorta skall beräknas med samma funktioner som för tall så tilldelas contorta den interna koden TA.

Interna trädslagskoder i BASS	Trädslag	Exempel på trädslagskoder i indelningsregister
TA	Tall	1
GR	Gran	2
CN	Contorta	3
BJ	Björk	5
ÖL	Övrigt löv	7

### 2.2.2 Indata

Indata till modulen BEST kan vara av två olika typer. Det ena är beståndsmedelvärden som hämtas från ett indelningsregister eller liknande. Det andra är data från fälttaxering i form av stamlista och provträdsdata. För båda typerna gäller att avverkningsarealen för beståndet måste anges. Det är av helt avgörande betydelse för precisionen i utbytesprognosen, att denna är så exakt som möjligt. Vid optimeringen beräknas utfallet för en hektar och räknas sedan upp med den angivna avverkningsarealen.

Överföringen från register/fältdator sker via kommunikationsmodulen KOM.

#### A) Beståndsmedelvärden

Vid inläsning av data från ett register så behövs en minimiuppsättning av beståndsparametrar. Dessa parametrar är:

- i) Trädslag - enligt intern kodserie *se avsnitt 2.2.1*
- ii) Grundyta
- iii) Diameter - grundytevägd
- iv) Medelhöjd - grundytevägd
- v) Antal stammar - per hektar
- vi) Kvalitet - *se avsnitt 2.2.7*

Om någon av dessa parametrarna saknas så kan man genom beräkningar i systemet komplettera detta. Ytterligare parametrar som kan läsas in är Trädslagstyp, Ålder, Tillväxtprocent och Trädslagsblandning. Dessa saknar dock betydelse för själva optimeringsalgoritmen.

#### B) Data från taxering.

Systemet är förberett för tre olika typer av fältmätt data. De är cirkelytetaxering, relaskopytetaxering och totalklavat. Samtliga trädslag i beståndet måste ha taxerats med samma metod. För mätning i fält gäller en minsta omfattning på data enligt nedan.

- i) Provytestorlek - i  $m^2$ , gäller ej totalklavat
- ii) Antal provytor - gäller ej totalklavat
- iii) Trädslag - enligt intern kodserie, *se avsnitt 2.2.1*
- iv) Diameter - på provträden
- v) Höjd - på provträden, *se avsnitt 2.2.5*
- vi) Kvalitet - *se avsnitt 2.2.7*
- vii) Stamfördelning - diameterdata för klavträden på provytorna/totalklavning

Ytterligare data som kan samlas in i fält och användas av optimeringsalgoritmen är barktjocklek (*se avsnitt 2.3.1*) och grönkrongräns (*se avsnitt 2.3.5*).

#### 2.2.3 Diameterfördelning

Diameterfördelningen i beståndet har en helt avgörande betydelse för utbytesberäkningarna. Hela beräkningsrutinen bygger på att för varje diameterklass ansätts en höjd. Kring denna höjd appliceras sedan en variation, och utifrån denna görs beräkningarna. Resultatet uppräknas sedan med antalet stammar i den givna diameterklassen. I modulen finns ett antal olika sätt att hantera stammarnas diameterfördelning beroende på indata.

#### A) Beståndsmedelvärden

Om data kommer från ett indelningsregister eller liknande så saknas en stamfördelning (*se avsnitt 2.2.2 A*). Modulen använder då en betafördelningsfunktion för att skapa en fördelning (*se Bilaga 2*). Med utgångspunkt från stamantal, medeldiameter och grundyta i beståndet skattas fördelningens högsta diameter (se t.ex. Nilsson, 1976). Fördelningens lägsta diameter ansätts med ett standardvärde med utgångspunkt från den grundyt vägda medeldiametern. Den lägsta diameter som kan ansättas är 10 cm. Betafunktionens exponenter  $\alpha$  och  $\gamma$  ansätts med en uppsättning standardvärden. För beräkningsfunktionen gäller att stamfördelningen skall ha samma grundyta som den från registret angivna grundytan. Efter första beräkningen jämförs medeldiametern i stamfördelningen med indata. Om differensen i medeldiameter är större än 0,1 cm justeras  $\alpha$  och  $\gamma$  och en ny beräkning görs. Beräkningar görs sedan tills dess att differensen är mindre eller lika med 0,1 cm.

#### B) Data från taxering

Data från fältmätning innehåller en stamfördelning gällande från provytor eller hela beståndet (*se avsnitt 2.2.2 B*). I modulen finns två valmöjligheter. Den ena är att diameteruppgifterna i klavdata omräknas till en diameterfördelning indelad i 2cm klasser och gällande för en hektar. Den andra är att från klavdata skapa en betafördelad diameterfördelning. För det senare alternativet är beräkningsgången den samma som för A ovan. Skillnaden är att fördelningens lägsta respektive högsta diameter hämtas ur klavdata. Genom att betafördela en taxerad stamfördelning fås en jämnare fördelning där extrema värden slätats ut.

### 2.2.4 Regressionsanalyser

I modulen BEST görs regressionsanalyser för att ta fram konstanter till ett antal funktioner där diametern är oberoende variabel. Funktioner tas fram för följande parametrar:

I Höjd	- se avsnitt 2.2.5
II Kvalitet	- se avsnitt 2.2.7
III Barktjocklek	- se avsnitt 2.3.1
IV Grönkrongräns	- se avsnitt 2.3.5

För samtliga parametrar gäller att en funktion tas fram för varje trädslag. För att regressionsanalys skall kunna göras, krävs minst åtta observationer i indata för varje trädslag och betraktad parameter. Om antalet observationer är färre, görs ingen regression och data hämtas från tabeller och daterier som finns upplagda i systemet. För närmare beskrivning hur detta sker, se respektive avsnitt.

### 2.2.5 Höjdkurvor

I modulen BEST ligger ett antal standardhöjdkurvor inlagda enligt höjdklassningssystemet H25. I detta system definieras höjdklass, som höjden på höjdkurvan vid brösthöjdsdiametern  $d = 25$  cm. Kurvorna baseras på en logaritmisk modell (Ollas, 1980; Bergstrand, 1980). BEST har fyra olika tillvägagångssätt för att skapa och tilldela höjdkurvor, beroende på omfattningen av indata.

A) Om man vid taxering i fält har mätt in höjd på provträd och antalet provträd för det aktuella trädslaget är åtta eller fler så används dessa provträds brösthöjdsdiameter och höjd till regressionsanalys av en höjdkurva. I modulen används internt, en höjdfunktion enligt (1)

$$H = \frac{1}{(a + b / D)^k} + 1,3 \quad (1)$$

där  $H$  = höjd

$D$  = brösthöjdsdiameter

$a$ ,  $b$  och  $k$  = konstanter som tas fram genom regressionsanalysen

B) Om man vid taxering mätt höjd på provträd och antalet provträd är minst ett men färre än åtta för det aktuella trädslaget, så beräknas nya provträdsdata fram. Detta görs med hjälp av standardhöjdkurvorna. För det första provträdet som har höjd angivet tas värdeparet brösthöjdsdiameter och höjd. Utifrån detta värdepar beräknas sedan höjdklassen H25. Därefter skapas en uppsättning med nya värdepar (minst 8st) utifrån den höjdkurva som representeras av den framräknade höjdklassen. Med dessa nya provträdsdata görs sedan en regressionsanalys som i A) ovan.

C) Om data består av beståndsmedelvärden, t.ex. från ett indelningsregister, så är beräkningsförfarandet det samma som för B). Skillnaden är att det ingående värdeparet är medeldiametern och medelhöjden.

D) Om indata från taxering/indelningsregister helt saknar höjd för provträd/medelhöjd måste för varje trädslag anges en höjdklass H25. Denna höjdklass användes sedan för att skapa en uppsättning med värdepar och för regressionsanalys som i B) ovan.

### 2.2.6 Kubering

Ett antal funktioner för kubering av enskilda träd finns upplagda i systemet. Dessa är Näslunds och Brandels funktioner för tall, gran och björk, gällande för norra, södra samt för hela Sverige (se Näslund, 1940; Brandel, 1990). Man definierar vilken funktion som skall användas på respektive trädslag. Härvid skapas då en uppsättning/grupp som ges ett specifikt nummer. Ta t.ex. att man vill använda Näslunds funktioner på tall och gran och Brandels på björk. Denna kombination av kuberingsfunktioner definieras då som uppsättning/grupp nr 1.

Det går även att använda sig av kuberingsfunktioner som man själv kan skapa i modulen UPR, som då baseras på lokala data för form, barktjocklek mm. Denna valmöjlighet har ej använts i detta arbete varför ingen närmare beskrivning har gjorts.

### 2.2.7 Kvalitet

Kvalitet har en mycket central betydelse för genererandet av utbytesprognoser. Kvalitetsklasserna i systemet är de som finns beskrivna av Virkesmätningrådet (1995). Den kvalitet som hanteras av modulen BEST är stammens kvalitet. Som utgångspunkt för beräkningarna i systemet används höjden över roten där kvalitetsklass 3 slutar. Vid aptering räknas stammens kvalitet om till stockkvalitet av funktioner i UPR (se avsnitt 2.3.6).

Kvalitetsklassning kan göras på två sätt. Det ena är att man mäter in det i fält för varje enskilt provträd, det andra är att man tilldelar en trädslagsvis kvalitetsfördelning.

#### A) Inmätning i fält

För varje provträd mäts höjden från roten och upp till den gräns där kvalitet 3 slutar. Dessa höjddata samt provträdens brösthöjdsdiameter används sedan till en regressionsanalys. Om antalet provträd för det betraktade trädslaget är mindre än åtta måste kvalitet tilldelas enligt B) nedan. I systemet används en linjär funktion för höjden kvalitet 3 där diametern är oberoende variabel enligt (2).

$$H_{k3} = A + B \times D_{bh} \quad (2)$$

där  $H_{k3}$  = höjden för kvalitet 3

$D_{bh}$  = brösthöjdsdiameter

a och b = konstanter som tas fram genom regressionsanalys

#### B) Tilldelning av trädslagvisa kvalitetsfördelningar ur tabeller

I systemet kan man lägga in ett stort antal uppsättningar med kvalitetsfördelningar. Dessa kan vara regionalt anpassade så att t.ex. varje distrikt inom en förvaltning har sina egna uppsättningar med kvalitetsfördelningar. Vid taxering i fält kan man, som ett alternativ till inmätning, subjektivt tilldela beståndet en kvalitetsfördelning. Denna kvalitet kan då tas med från fältdatorn vid inläsning till systemet.

Varje enskild fördelning gäller för det angivna trädslaget över hela beståndet.

Kvalitetsklasserna är T1-T5 för tall och G1-G4 för gran. För varje uppsättning definierar man trädslag genom att ange trädslagsskod enligt systemets interna kodserie (se avsnitt 2.2.1). För varje kvalitetsklass anger man den relativa volymandelen. Dessa relativa



andelar kommer vid utbytesberäkningen att räknas om till höjden för kvalitet 3. Detta sker med hjälp av tabellerna för diameteravsmalning (*se avsnitt 2.3.4*).

Om kvalitet har inmätts i fält och regression genomförts så att höjdfunktionen är komplett, kan ej en annan kvalitetsfördelning tilldelas trädslaget. I optimeringsalgoritmen gäller att, om det finns en funktion för kvalitetshöjden är den alltid kvalitetens definition.

#### 2.2.8 Skador

Vid genererandet av utbytesprognoser så kan två typer av skador simuleras. Skadeparametrar ansätts för varje trädslag och gäller hela beståndet. Dessa parametrar tas sedan med i utbytesberäkningarna vid apteringen av varje enskild stam.

##### A) Tvångskap på grund av krok eller övriga skador

Här anges den procentuella andelen av antalet stammar som har skada. I BEST kan detta anges dels för orsaken krok och dels för orsaken övrigt, men dessa två summeras och beräknas efter samma algoritm. Om man t.ex. har 10 % krok och 5% övrigt fås 15% av antalet stammar som har skador. I beräkningsalgoritmen dras ett slumptal mellan 0 och 100 för varje enskild stam som skall apteras. Om detta slumptal är mindre än den summerade angivna procentandelen för skador, här 15%, så läggs ett tvångskap ut längs med stammen, på ett slumpmässigt valt avstånd från roten.

##### B) Kap på grund av rotröta

Här anges den relativa andelen av antalet stammar som har rotröta. Man anger även hur högt upp i stammen rötan går, uttryckt i procent av stammens totala längd. Detta blir den maximala längden för hur högt rötan går. Ett slumptal mellan 0 och 100 dras för varje stam. Om detta tal är mindre än den angivna relativa andelen stammar så tilldelas ett kap för röta. Detta kap läggs ut på ett slumpmässigt valt avstånd mellan roten och maximilängden.

#### 2.2.9 Standardvärden för utbytesprognos

I systemet kan man lägga upp ett stort antal uppsättningar, sk styrgrupper, med standardvärden för utbytesprognoser. För varje styrgrupp definierar man trädslag enl. interna kodserien (*se avsnitt 2.2.1*). Man definierar även vilka av de geografiskt bundna dataserier som skall gälla för barktjocklek, barkavsmalning, diameteravsmalning, form samt grönkrona (*se avsnitten 2.3.1-2.3.5*).

Här finns möjlighet att göra kvalitetsöverföring. Antag att man vet erfarenhetsmässigt, att 5% av kvalitet T2 faller ut som massaved. Man definierar då en överföring från T2 till massa med 5%.

Man kan även göra justeringar för barktjocklek och form. Dessa anges då i relativa tal. Utgångspunkten är 100% vilket gör att 95% ger en sänkning med 5% och att 105% ger en ökning med 5%.

För varje styrgrupp anger man med vilken noggrannhet som beräkningen skall göras. Det finns tre olika nivåer, Låg, Normal och Hög. För varje styrgrupp definierar man parametrar för skadesimulering (*se avsnitt 2.2.8*).

### 2.2.10 Utbytesalternativ

För varje trädslag i beståndet måste man definiera ett utbytesalternativ, innan beräkningen kan startas. Man anger då vilken prislista som skall användas för respektive timmer och massaved (se avsnitt 2.3.7). Man anger även vilken uppsättning med standardvärden som skall tillämpas (se avsnitt 2.2.9). För varje trädslag kan ett stort antal alternativ läggas upp och beräknas, för att sedan kunna jämföras (se avsnitt 2.2.13).

### 2.2.11 Val av metod för utbytesberäkning

I systemet finns två sätt att göra utbytesberäkning på.

#### A) Direkt på beståndsdata

Apteringsoptimeringen körs direkt på beståndsdata och är helt styrt av beståndets specifika utseende. Detta genererar det mest noggranna resultatet men kräver mer datorkapacitet och tid än alternativ B)

#### B) Via typbestånd

Man utnyttjar här ett redan apterat typbestånd. Resultatet från denna aptering överförs på det aktuella beståndets stamfördelning. Denna typ av prognos, tar mindre datorkapacitet i anspråk, och går därför fortare. I gengäld får detta resultat en lägre noggrannhetsgrad. Denna valmöjlighet har ej använts i detta arbete varför ingen närmare beskrivning har gjorts.

### 2.2.12 Prisomräkning

I BEST kan värdet på en stocknota räknas om efter andra prislistor än de som gällde vid apteringen. Vid prisomräkning utgår man från en stocknota från en redan beräknad utbytesprognos och anger för vilken prislista den nya värderingen av stocknotan skall göras. Denna funktion har ej använts i detta arbete varför ingen närmare beskrivning har gjorts

### 2.2.13 Resultatet av beräkningarna

För varje beräknad utbytesprognos presenteras ett resultat, som sparas i systemet så att jämförelser skall kunna göras. Resultatet presenteras som stocknotor, volymer och värdet i kronor och är angivet per hektar. Omräkning för hela beståndets areal måste göras i en rapporthanterare i det överliggande systemet.

Eftersom utbytesberäkningarna görs för varje trädslag, var för sig, finns möjlighet att summera olika utbytesalternativ. Tag t.ex. att man har gjort beräkningar för tall och gran. För vart och ett av trädslagen har beräkningar gjorts mot både prislista A och prislista B. I resultathateraren kan då summering ske för beståndets värde vid t.ex. utbyteskombinationen Tall-prisl.B + Gran- prisl.A.

För varje utbytesalternativ presenteras resultatet av prognosberäkningarna i två tabeller där datainnehållet är enligt följande:

#### A) Stocknota

- |                        |                                      |
|------------------------|--------------------------------------|
| i) Sorterings kvalitet | - T1-T4, G1-G4, Mav, Lump            |
| ii) Stocktyp           | - topp, mellan eller rot             |
| iii) Diameterklass     | - i 2cm klasser från 12 cm och uppåt |
| iv) Längdklasser       | - i 3 dm klasser                     |
| v) Antal stockar       | - antalet per hektar                 |

## B) Volym och värde

- |                        |                                    |
|------------------------|------------------------------------|
| i) Sorterings kvalitet | - T1-T4, G1-G4, Mav, Lump          |
| ii) Stocktyp           | - topp, mellan eller rot           |
| iii) Volym m3fub       | - volymen gäller per hektar        |
| iv) Volym m3fpb        | -volymen gäller per hektar         |
| v) Volym m3to          | - endast timmer, gäller per hektar |
| vi) Värde              | - i kronor per hektar              |

## 2.3 Datamodulen UPR-utbytesprognos, styrdatahanterare

### 2.3.1 Barktjocklek

Med barktjocklek avses barkens tjocklek vid brösthöjd. I modulen UPR finns det ett antal dataserier som används vid tilldelning av barktjocklek. Serierna gäller för tall och för gran vid en given brösthöjdsdiameter på bark. För respektive trädslag finns åtta serier/tabeller uppdelade efter olika geografiska områden (*se Bilaga 3*). Dataunderlaget till dessa serier kommer från Riksskogstaxeringen.

Barktjockleken anges i tabellerna för ett antal diametrar på bark, indelade i 5cm intervaller. Om den givna diametern ligger i intervallet mellan två diametrar i tabellen interpoleras värdet för barktjocklek.

Barktjockleken kan även mätas i fält, och genom regressionsanalys skapas då en funktion för denna. Om fältmätt data finns för trädslaget som skall apteringsberäknas hämtas ej data ur serierna.

### 2.3.2 Barkavsmalning

Med barkavsmalning avses hur barktjockleken avsmalnar längs stammen. För tall finns åtta serier uppdelade efter samma geografiska områden som för barktjocklek (*se Bilaga 3*). För gran finns en serie som gäller för hela Sverige. Dataunderlaget för barkavsmalningsserierna kommer från Skogshögskolans Stora Produktionsundersökningen 1941-1965.

Barkavsmalningen anges i tabellerna för ett antal olika höjder längs stammen. Höjderna uttrycks i % av stammens totala höjd, och är indelade i 5% intervaller. Barkavsmalningen är uttryckt som den relativa barktjockleken. Utgångspunkten, där den relativa barktjockleken är 100, är på motsvarande 10% av stammens höjd.

Om den givna höjden ligger i intervallet mellan två höjder i tabellen, interpoleras värdet för barkavsmalning.

Antag att vi har en stam som är 26 m hög. Vid brösthöjd 1,3 m, vilket motsvarar 5% av stammens höjd, är den relativa barktjockleken 146,11. Vid 6,5 m höjd, vilket motsvarar 25% av stammens höjd är den relativa barktjockleken 66,13. Om barktjockleken vid brösthöjd är 4 cm fås barktjockleken vid 6,5 m höjd som  $4 \cdot (66,13/146,11) \text{cm} = 1,8 \text{ cm}$ .

### 2.3.3 Form

Med form avses formkvoten  $d50/d10$  dvs. kvoten mellan diametern under bark vid 50% respektive 10% av stammens höjd. I modulen finns dataserier för tilldelning av formkvot. För respektive tall och gran finns sex serier indelade efter olika geografiska områden (*se Bilaga 3*). Dataunderlaget till dessa serier kommer från Riksskogstaxeringen där formkvoten var den absoluta formkvoten men har konverterats till formkvoten  $d50/d10$ .

Formkvoten anges i tabellerna för ett antal stamfaktorvärden. Stamfaktorn uttrycks som kvoten mellan brösthöjdsdiametern på bark i cm och höjden i meter. Om denna kvot kommer i ett intervall mellan två stamfaktorer i tabellen interpoleras värdet för formkvot.

#### 2.3.4 Diameteravsmalning

Med diameteravsmalning avses hur diametern under bark avsmalnar längs stammen. Det finns en dataserie för respektive tall och gran som gäller för hela Sverige. Dessa baseras på Ivar Heijbels undersökningar om tallens och granens stamform (Heijbel, 1975). Dataserierna över diameteravsmalningen har en mycket avgörande betydelse för utbytesberäkningarna, eftersom stamprofilerna beräknas utifrån dessa.

Diameteravsmalningen är indelad i formkvotklasser. Med formkvot avses här formkvoten  $d_{50}/d_{10}$  (se avsnitt 2.3.3). I data för diameteravsmalning finns fem formkvotklasser. För varje klass anges diameteravsmalningen för ett antal olika höjder längs stammen. Höjderna uttrycks i % av stammens totala höjd, och är indelade i 5% intervaller.

Diameteravsmalningen är uttryckt som den relativa diametern. Utgångspunkten, där den relativa diametern är 100, är på motsvarande 10% av stammens höjd.

För varje relativ höjd i tabellen anges en relativ volym. Denna anger stammens relativa volym, från den motsvarande relativa höjden, och ner mot roten. Denna koppling mellan höjd och volym användes vid utbytesberäkningarna för att snabbt konvertera en stocks relativa höjd till en relativ volym och tvärtom. Som exempel på detta är beräkandet av höjden för stammens kvalitet 3, om kvalitetsfördelning har använts istället för inmätning i fält (se avsnitt 2.2.7).

#### 2.3.5 Grönkrona

Höjden för grönkrongräns används vid apteringsberäkningen, för att ta fram gränsen för kvalitet 2. Det finns i systemet två sätt att tilldela grönkrongräns. Det ena är genom att mäta in det i fält, och det andra är att hämta data ur tabeller i UPR.

##### A) Inmätning i fält

Man mäter höjden från roten och upp till första friska gren på provträden. Sedan använder systemet dessa höjder samt brösthöjdsdiametrar, för att ta fram konstanter till en linjär höjdfunktion. Om antalet provträd för respektive trädslag är färre än åtta, måste höjden tilldelas enligt B) nedan.

##### B) Tilldelning av grönkrongräns ur tabeller

Grönkrongräns anges i tabellerna för olika geografiska områden och för respektive trädslag. För ett antal brösthöjdsdiametrar uttrycks gränsen som den gröna kronans relativa andel av stammens totala längd.

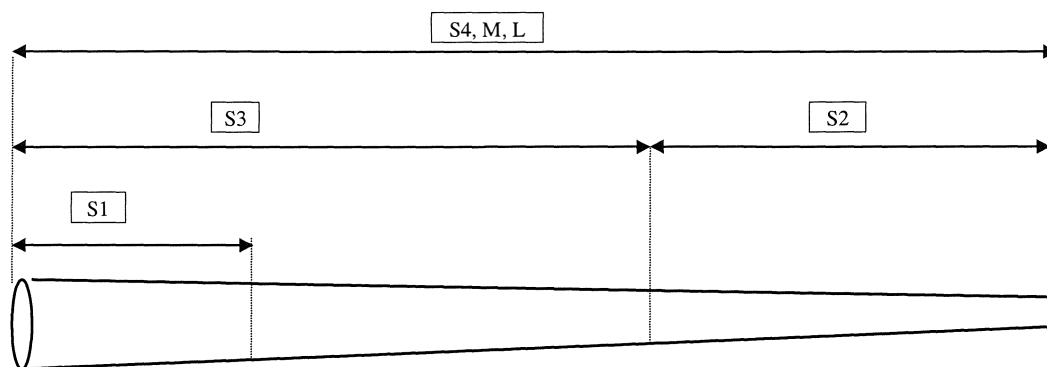
#### 2.3.6 Stam-/ Stockkvalitet

Definitionen av kvalitet har en helt avgörande betydelse för utbytesprognosen. I systemet finns två typer av kvalitetsbegrepp. Det ena är stamkvalitet och avser gränserna längs en stam, för de olika kvalitetsklasserna, från roten och upp till toppen. Det andra är stockkvalitet och avser en klassning av olika timmersortiment (se VMR95). För stamkvalitet finns sex klasser, S1-S4, M och L. Dessa har sin motsvarighet i stockklasserna T1-T4 eller G1-G4, Massaved och Lump. Ett antal definitioner kopplar stammens kvalitet till den enskilda stockens kvalitet.

Utgångspunkten, för hela kvalitetsbegreppet i systemet, är den höjd på stammen där kvalitet 3 (S3) slutar. Denna höjd kan fås på två olika sätt. Antingen genom inmätning i fält (*se avsnitt 2.2.7*), eller genom omräkning av kvalitetsfördelningar (*se avsnitt 2.2.7*). När höjden S3 är fastställd så beräknas gränserna för de övriga kvaliteterna fram längs med stammen. I systemet finns definierat var på stammen som gränserna för respektive stamkvalitet kan vara lokaliserat (*se figur 2*). De är enligt följande:

- S3 Mäts på stammen i fält eller genom kvalitetsfördelning *se avsnitt 2.2.7*
- S1 Beräknas med en algoritm utifrån S3 gränsen
- S2 Från 1,5 m under grönkrongränsen och upp till toppen *se avsnitt 2.3.5*
- S4,M,L Kan gälla längs med hela stammen från rot till topp

Med topp avses den höjd på stammen som motsvarar minsta tillåtna diameter för gagnvirke t.ex. 5cm för massaved.



**Figur 2. Stamkvaliteter**

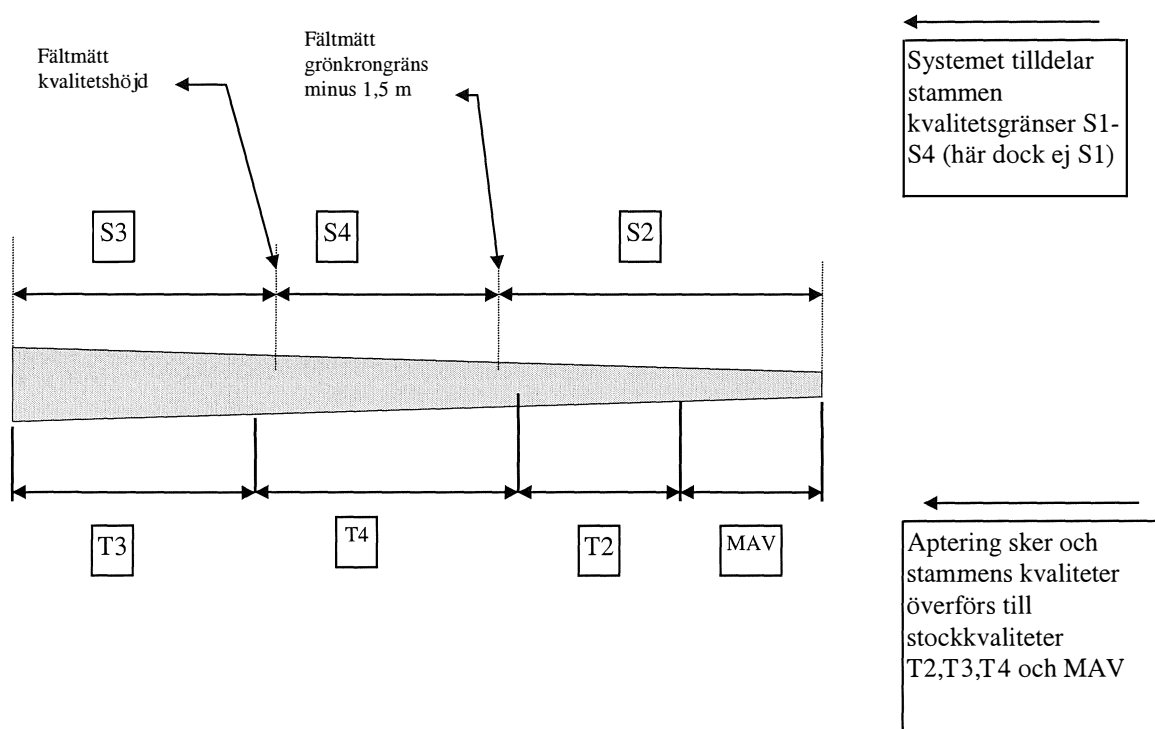
Beräkningsrutinen för att få fram kvalitetsgränserna på stammen är enligt följande: Först läggs gränsen för S3 in, och sedan körs algoritmen för S1 och om den klassen finns läggs gränsen för S1 in. Därefter läggs S2 gränsen in, och den del på stammen som hamnar mellan S3 och S2 tilldelas kvalitet S4. Massaved och Lump är kvaliteter som enbart tilldelas vid apteringsberäkningen. För varje stamkvalitet anges via en korstabell vilka stockkvaliteter som är tillåtna att ta ut. Tag t.ex. för tall och stamkvalitet S3 så får stockkvaliteterna T3, T4, Massaved och Lump tas ut. För S2 fås då T2, T4, Massaved och Lump.

Som exempel på omräkning från stamkvalitet till stockkvalitet ges följande förenklade exempel.

#### *Exempel 1*

Antag att en stam med given längd och brösthöjdsdiameter skall apteras. Höjden för kvalitet 3 och grönkronans gräns är mätt på provträd i fält och funktioner för dessa har tagits fram (*se avsnitten 2.2.7 och 2.3.5*). Innan apteringsalgoritmen körs beräknas stammens kvalitetsgränser (*se övre delen av*

figur 3). I detta exempel fanns enbart stamkvaliteterna S2, S3 och S4. Sedan görs aptering mot prislista med hjälp av stammens kvalitetsgränser. Det optimala resultatet blev i detta exempel fyra stockar (se nedre delen av figur 3). Rotstocken har tilldelats kvalitet T3. Detta eftersom kapet ligger nedanför stammens gräns för kvalitet S3. Om rotstocken skulle dras ut till nästa längdklass enligt prislistan kommer den att passera S3 gränsen och då klassas stocken till en T4. Andra stocken går över både S3 och S2 gränserna till en optimal längd för stockkvalitet T4. Tredjestocken ligger helt inom S2 gränsen och längden dras ut till minsta tillåtna toppdiameter för T2. Toppstocken blir en kort massavedsbit.



**Figur 3. Tilldelning av stockkvaliteter**

### 2.3.7 Sortiment/Prislistor

Modulen kan hantera ett stort antal uppsättningar med prislistor. Sortimenten för timmer är de som finns beskrivna av Virkesmättningsrådet (1995) Prislistorna för timmer och massaved läggs upp separat och för varje träslag. Dessa ges ett unikt nummer. Varje numrerad timmerprislista innehåller sedan en lista för respektive kvalitet. För varje lista anges max-min diameter samt vilka diameter- och längdklasser stockarna sorteras efter.

### 3. MATERIAL

Dataunderlaget till studien har varit indelat i två delar, med avseende på trädslag och geografiska regioner. Den första delen omfattar data från talldominerade bestånd i Norrbotten och den andra omfattar grandominerade bestånd i Medelpad. Allt datamaterial till denna studie kommer ursprungligen från SCA Forest and Timber AB.

#### 3.1 Data från Norrbotten - talldominerade bestånd

Dataunderlaget till denna del, är samma material som användes vid en studie som SkogForsk genomförde under 1995/1996, tillsammans med SCA Norrbottens sf och SCA Virke Nord. Det materialet omfattar ett tiotal drivningsenheter som taxerades, avverkades och inmättes vid industri. Drivningsenheterna låg inom Jokkmokks och Älvsbyns distrikt. Ur detta material valdes fyra drivningsenheter med följande kriterier.

- avverkad volym skall till minst 60% bestå av tall
- rådata från taxering, stocknotor, samt volymuppgifter från respektive industri skall vara kompletta.

Av de fyra drivningsenheterna kom två från Jokkmokks distrikt och de övriga från Älvsbyns distrikt. Arealerna varierade mellan 6 och 21 hektar. Inventeringsmetoden som användes kännetecknas av följande datauppgifter:

- Systematiskt utlagda cirkelprovytor med radien 7,98 m.
- Antalet provytor var, 15st för drivningsenheter <10 ha och 20st för drivningsenheter >10 ha.
- Provträdsfrekvensen var 25% för respektive tall och gran.
- På provträden togs uppgifter om: trädslag, brösthöjdsdiameter, höjd, krongränshöjd, kvalitet, kvalitetgränsens läge, skador samt skadornas läge.
- För klavträden togs uppgifter om: trädslag och brösthöjdsdiameter.

De avverkade objektens talltimmer mättes in stockvis vid Munksunds sågverk. Övriga sortiment volymmättes vid respektive industri.

I tabell 1 ges en översikt av beståndsmedelvärden för tall. Medelvärdena är beräknade utifrån data från cirkelytetaxeringarna. För parametrarna volym/ha, stamantal/ha och grundyta anges även tallens relativa andel av hela beståndet. Beståndsmedelvärden för övriga trädslag visas i Bilaga 4.

Bestånd	Areal ha	Trädslag	Volym m <sup>3</sup> sk/ha	Stammar antal/ha	Grund yta	Diameter gy-vägd	Diameter aritmetisk	Höjd gy-vägd
Norrbotten 1	20,3	Tall;	60,7 (60,0%)	348 (31,4%)	8,6 (51,4%)	20,9	16,6	14,4
Norrbotten 2	18,6	Tall;	99,0 (89,6%)	743 (87,3%)	14,9 (88,1%)	18,7	15,1	13,4
Norrbotten 3	6,6	Tall;	230,2 (85,0%)	743 (72,7%)	24,5 (80,6%)	23,8	19,3	19,8
Norrbotten 4	17,7	Tall	151,9 (78,4%)	515 (50,1%)	19,3 (73,2%)	25,4	20,5	16,5

Tabell 1. Beståndsmedelvärden för tall i materialet från Norrbotten. Inom parentes visas tallens relativa andel av hela beståndet för respektive variabel.

### 3.2 Data från Medelpad - grandominerade bestånd

Ur registret för drivningsplaner vid Medelpads sf valdes tre drivningsenheter där andelen gran var över 60%. Urvalet omfattade, en enhet från Viksjö distrikt och två enheter från distriktet Torp Norra. Arealerna varierade mellan 4 och 5 hektar. Drivningsenheten från Viksjö var taxerad enligt SCA:s taxeringsringsrutin som kännetecknas av systematiskt utlagda cirkelprovytor. För varje provträd togs uppgifter om trädslag, diameter och höjd. De två enheterna från Torp norra taxerades enligt rutinen för norrbottensmaterialet (*se avsnitt 3.1*).

Samtliga drivningsenheter avverkades och det obarkade grantimmret inmättes stockvis först vid VMF-ramen i Tunadal. Därefter barkades virket och inmättes på nytt vid Tunadalssågen. Övriga sortiment volymmättes vid respektive industri.

Insamlandet av stockdata vid Tunadalssågen misslyckades för ett bestånd. Detta medförde att det för bestånd M1 och M3 fanns kompletta data, men för bestånd M2 fanns endast data från VMF mätningen.

I tabellen nedan ges en översikt av beståndsmedelvärden för gran. Medelvärdena är beräknade utifrån data från cirkelytetaxeringarna. För parametrarna volym/ha, stamantal/ha och grundyta anges även granens relativa andel av hela beståndet. Beståndsmedelvärden för övriga trädslag se Bilaga 4.

Bestånd	Areal ha	Trädslag	Volym m3sk/ha	Stammar antal/ha	Grund yta	Diameter gy-vägd	Diameter aritmetisk	Höjd gy-vägd
Medelpad 1	4,0	Gran	140,0 (58,7%)	548 (90,0%)	15,4 (65,5%)	23,3	17,5	19,7
Medelpad 2	4,7	Gran	361,6 (78,0%)	637 (87,7%)	32,1 (78,3%)	30,4	23,6	24,6
Medelpad 3	5,0	Gran	288,3 (81,8%)	552 (83,8%)	26,8 (77,9%)	31,2	22,7	24,5

Tabell 2. Beståndsmedelvärden för gran i materialet från Medelpad. Inom parentes visas granens relativa andel av hela beståndet för respektive variabel.

### 3.3 Prislistor

För materialet från Norrbotten har, den för avverkningstidpunkten aktuella, normalprislistan i skördaren använts. Den prislistan var indelad i kientimmer, timmer och massaved, och omfattade kvaliteterna T2-T4.

För materialet från Medelpad har den aktuella styrprislistan i skördaren använts. Normalprislistan kunde ej användas, eftersom drivningsenheterna fördelningsappterades för sortimentet Japantimmer. Denna prislista apterade endast efter kvalitet G4. Normalprislistan för massaved användes.



## 4. METODER

### 4.1 Bearbetning av indata

#### A) Stocknotor från inmätning vid sågverk

Stocknotorna från inmätningen vid respektive sågverk angav varje enskild stocks toppdiameter i mm och längd i cm. Stockarna indelades i samma diameter - och längdklasser som för resultatet som presenterades i utbytesprognosen. Antalet stockar för respektive kombination av diameter- och längdklass summerades. Volymen  $m^3$  to under bark beräknades för varje stock, och volymerna summerades sedan för varje enskild drivningsenhet.

#### B) Prislistor

Prislistan för Norrbottensmaterialet omfattade sortimenten klentimmer, timmer och massaved. Då BASS-BEST/UPR inte var förberett för att hantera klentimmer gjordes en modifiering av prislistorna. Prisuppgifter för klentimmerdimensionerna lades in i prislistan för timmer. Resultatet av utbytesprognoserna innehåller då både klentimmer och timmer i en och samma stocknota. Prislistan för Medelpadsmaterialet lades in i systemet utan modifieringar.

### 4.2 Konsekvensanalyser

#### 4.2.1 *Diameterfördelning*

Diameterfördelningen för en drivningsenhet har en avgörande betydelse för utbytesprognosen då beräkningarna utgår ifrån totala antalet stammar i varje diameterklass (*se avsnitt 2.2.3*). I systemet används en betafördelningsfunktion när en diameterfördelning skall skapas som baseras på beståndsmedelvärden. Ett taxerat material kan väljas att betafördelas eller ej. För varje drivningsenhet skapades tre fördelningar där omfattningen på indata, samt beräkningsmetod varierade. Diameterfördelningen gäller för antalet stammar per hektar indelat i 2cm diameterklasser.

#### A) Taxering

En diameterfördelning skapades utifrån klavdata i det taxerade materialet.

#### B) Taxering, betafördelad

En betafördelad diameterfördelning skapades utifrån beräknad grundyta och grundytvägd medeldiameter samt minsta och högsta diameter från klavdata i det taxerade materialet.

#### C) Beståndsmedelvärden.

Utifrån taxeringsdata beräknades grundyta, samt grundytvägd medeldiameter och medelhöjd samt stamantal. Dessa beståndsparametrar lades in i systemet och genom beräkning med betafördelningsfunktion skapades en diameterfördelning.

#### 4.2.2 *Volymfunktioner*

Volymfunktionen tillsammans med diameterfördelning har en stor betydelse vid utbytesberäkningarna. För att få reda på vilken volymfunktion som bäst skattar volymen gjordes ett antal prognoser där resultatet jämfördes mot verkligt utfall. För varje

volymfunktion gjordes prognoser där beräkningsmetoden för att skapa diameterfördelning varierades. Studier gjordes för volymfunktioner för tall och gran var för sig.

Prognoser gjordes med följande kombinationer av volym- och diameterfördelningsfunktioner.

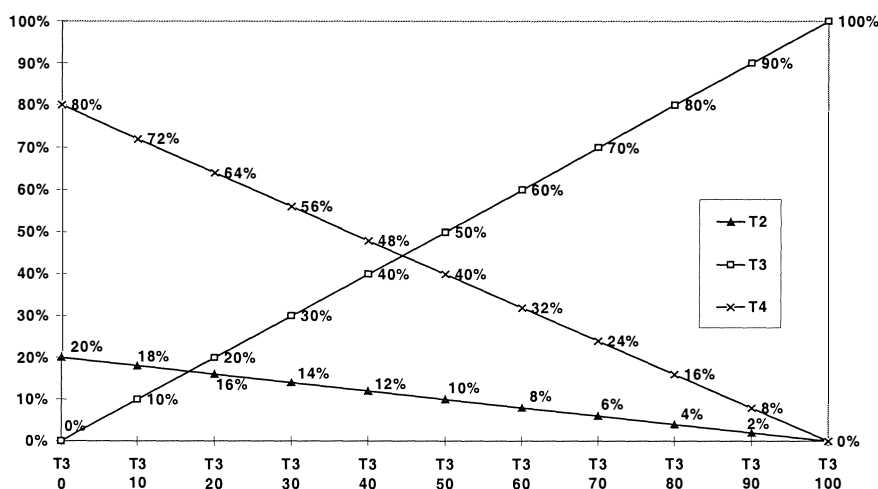
- A) Brandels volymfunktion för norra Sverige. Klavdata omräknades till en diameterfördelning indelad i 2cm klasser.
- B) Brandels volymfunktion för norra Sverige. En betafördelad diameterfördelning, indelad i 2cm klasser, skapades av uppgifter ur klavdata om minsta/högsta diameter.
- C) Näslunds volymfunktion för norra Sverige. Klavdata omräknades till en diameterfördelning indelad i 2cm klasser.
- D) Näslunds volymfunktion för norra Sverige. En betafördelad diameterfördelning, indelad i 2cm klasser, skapades av uppgifter ur klavdata om minsta/högsta diameter.

Prognosresultaten jämfördes mot verkligt utfall med avseende på volymer och antal stock. Prognosens differens samt standardavvikelse beräknades.

#### 4.2.3 Simulering av kvalitetsfördelning

För att få en uppfattning om hur systemet fördelar beståndens kvalitet till utbytet i prognosen gjordes ett antal utbytesberäkningar. Jämförelser gjordes mellan det prognostiserade utbytets fördelning över kvalitet och den för prognosen aktuella kvalitetsfördelning som ansattes på beståndet.

Utgångspunkten var en fördelning med 20% kvalitet 2, 0% kvalitet 3 och 80% kvalitet 4. Kvalitet 3 ökades sedan stegvis med 10 %-enheter upp till 100%, samtidigt som kvalitet 2 och 4 minskades med 2 respektive 8 %-enheter ner till 0%. Kvaliteternas relativa fördelning åskådliggörs i figur 4.



Figur 4. Fördelningen mellan T2, T3 och T4 på de kvalitetsfördelningar som ansattes på bestånden vid simulering där beståndens kvalitet T3 stegvis går från 0% till 100%.

#### 4.2.4 Simulering av skador

För att få en uppfattning om skadesimuleringens inverkan på prognosresultatet, gjordes prognoser där skadefrekvensen stegvis ökades. För varje drivningsenhet ökades skadefrekvensen med 10 procentenheter åt gången från 10% upp till 80%. Som referens vid jämförelser användes ett prognosresultat där inga skador simulerades. Jämförelser gjordes mellan respektive nivå av skador för den relativa andelen timmer och massaved av prognosens totala volym. Jämförelser gjordes mellan antalet stock i respektive skadenivå relativt referensprognosens stockantal.

#### 4.2.5 Simulering av röta

För att få en uppfattning av hur simulering av rotröta inverkar på resultatet av utbytesprognoserna för gran, gjordes ett antal prognoser där graden av röta varierades. I systemet skall man dels definiera, antalet stammar med röta, och dels hur högt upp längs stammen som rötan sträcker sig.

För att särhålla inverkan av dels rötans utbredning i höjd och dels antalet rötade stammar indelades denna analys i två delar.

##### A) Antalet stammar med röta varierades, men höjden för rötans utbredning hölls konstant.

Ett antal prognoser gjordes där antalet stammar med röta stegvis ökades med 10 procentenheter åt gången, från 10% upp till 60%. Höjden för rötans utbredning upp längs stammen hölls konstant till 5%. Som referens vid jämförelserna användes ett prognosresultat där inga rötade stammar simulerades. För respektive prognos gjordes jämförelser för relativa andelen timmer och massaved av det prognostiserade utbytets totala volym. Antalet stock jämfördes i respektive nivå relativt referensprognosens stockantal.

##### B) Antalet stammar med röta hölls konstant, men höjden för rötans utbredning varierades

Ett antal prognoser gjordes där höjden för rötans utbredning upp längs stammen stegvis ökades med 5 procentenheter åt gången från 10% upp till 30%. Antalet stammar med röta hölls konstant till 10%. Som referens vid jämförelserna användes ett prognosresultat där inga rötade stammar simulerades. För respektive nivå av höjd för rötans utbredning gjordes jämförelser för den relativa andelen timmer och massaved av det prognostiserade utbytets totala volym. Jämförelser gjordes mellan antalet stock i respektive nivå relativt referensprognosens stockantal.

### 4.3 Jämförelser mellan prognos och erhållet utfall

Vid jämförelser mellan olika utbytesalternativ användes olika parametrar för att bedöma säkerheten och precisionen i prognoserna.

#### 4.3.1 Fördelningsgrader

För att skaffa en uppfattning om hur väl prognosen stämmer överens med utfallet, med avseende på längd och diameter, användes ett antal olika fördelningsgrader. Fördelningsgraden anger hur väl den prognostiserade fördelningen uppnåtts (Sondell, 1991). Metoden har tidigare använts vid jämförelser av olika simuleringssverktyg för aptering (Kihlbom, 1994). Fördelningsgraden beräknas enligt formeln(3)

$$fg = 1 - \frac{\sum_{i=1}^z |P_i - S_i|}{2} \quad (3)$$

där

fg = fördelningsgraden

$P_i$  = prognostiserat utfall för en kombination ( i ) av diameter- och/eller längdklass uttryckt i andel av betraktad fördelningsvariabel.

$S_i$  = erhållit utfall för en kombination ( i ) av diameter- och/eller längdklass uttryckt i andel av betraktad fördelningsvariabel.

z = antalet kombinationer

- Fördelningsgraden kan uttryckas i procent.
- Om fördelningsgraden är 0 (0%) finns ingen likhet i fördelning mellan prognosens och utfallets stocknotor
- Om fördelningsgraden är 1 (100%) är fördelningen identisk mellan prognosens och utfallets stocknotor.

Utfallet beräknades för fem fördelningsgrader. För dessa beräkningar användes en funktion enligt (4)

$$U_i = \frac{A_{D,L}}{FV} \quad (4)$$

där

$U_i$  = utfallets andel ( $P_i$  eller  $S_i$ ) för den i:te kombinationen av diameterklass D och/eller längdklass L

$A_{D,L}$  = antalet stockar i diameterklass D och/eller längdklass L

FV = antalet stockar för betraktad fördelningsvariabel (t.ex. diameterklass, längdklass)

Följande fem fördelningsgrader beräknades:

#### A) Total fördelningsgrad ( T fg )

För varje kombination av diameter- och längdklass, omräknades antalet stockar till promille av totala antalet stockar i stocknotan.  $U=(A_{D,L} / \sum A_{D,L} )$

#### B) Diameterns fördelningsgrad ( D fg )

För varje kombination av diameter- och längdklass, omräknades antalet stockar till promille av totala antalet stockar i diameterklassen.  $U=(A_{D,L} / \sum A_D )$

#### C) Längdens fördelningsgrad ( L fg )

För varje kombination av diameter- och längdklass, omräknades antalet stockar till promille av totala antalet stockar i längdklassen.  $U=(A_{D,L} / \sum A_L )$

#### D) Diameterklassens fördelningsgrad ( Dkl fg )

För varje diameterklass omräknades antalet stockar till promille av totala antalet stockar i stocknotan.  $U=(A_D / \sum A_{D,L} )$

#### E) Längdklassens fördelningsgrad ( Lkl fg )

För varje längdklass omräknades antalet stockar till promille av totala antalet stockar i stocknotan.  $U=(A_L / \sum A_{D,L} )$

#### 4.3.2 Avvikelser i volym och antal stock

##### A) Volymer för stocknota

För varje stocknota från det inmätta utfallet gjordes beräkning för volymen toppmått under bark. Volymen beräknades för varje enskild stock utifrån den diameter och längd som angavs i mätbeskedet. Stockarnas volym summerades för varje drivningsenhet. Denna volym jämfördes med den volym som prognosen gav. Avvikelsen och relativa felet beräknades.

##### B) Volymer för sortiment

För att få en uppfattning om prognosens precision för sortimentsvisa volymskattningar gjordes jämförelser mot inmätta volymer för respektive sortiment. Dessa volymer avser fastkubikmeter under bark, för uppdelningen i timmer- och massavedsvolymer. Avvikelsen och relativa felet beräknades.

##### C) Antal stockar i stocknota

Jämförelser mellan det prognostiserade och inmätta antalet stockar gjordes. Avvikelsen och relativa felet beräknades.

För beräkandet av avvikelsen och relativa felet i A)-C) användes funktionerna enligt (5) och (6).

Avvikelsen fås som:

$$Av = \frac{(P_i - S_i)}{\sum S_i} \quad (5)$$

där

Av = avvikelsen uttryckt i procent

$P_i$  = prognostiserad variabel

$S_i$  = inmätt variabel

Relativa felet fås som:

$$RE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (S_i)^2}} \quad (6)$$

där

RE = relativa felet

$P_i$  = prognostiserad variabel

$S_i$  = inmätt variabel

#### 4.4 Utbytesprognoser med olika omfattning på indata

För skaffa en uppfattning om vilken betydelse olika indata har för precisionen i utbytesberäkningarna gjordes ett antal prognoser där omfattningen på beståndsdata varierade. Varje prognosresultat jämfördes mot erhållet resultat vid inmätning vid sågverk.

##### 4.4.1 Talldominerade bestånd – Norrbotten

Totalt användes sex olika alternativ med olika omfattning på indata. Tabell 4 visar omfattningen på indata för respektive prognosalternativ. De båda kvalitetsfördelningarna Distrikt och Förvaltning, baseras på statistiskt material från inmätningar vid sågverk. Beståndsmedelvärden omfattar grundyta, stamantal, grundtyevägd medelhöjd och medeldiameter. Dessa beräknades ur det taxerade materialet.

INDATA	Prognosalternativ					
	DHGK	DHGd	DHGf	DHd	DHf	BmV
<b>Provträdsdata</b>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej
Diameter	x	x	x	x	x	
Höjd	x	x	x	x	x	
Grönkrona	x	x	x			
Kvalitet	x					
Skador; beräkn. ur tax	x	x	x	x	x	x
Kvalitet; beräkn. ur tax						x
Kvalitetsförd. Distrikt		x		x		
Kvalitetsförd. Förvaltning			x		x	
Beståndsmedelvärden						x

Tabell 3. Omfattningen på indata i de olika prognosalternativen

##### 4.4.2 Grandominerade bestånd -Medelpad

För att skaffa en uppfattning om systemets precision vid en fördelningaptering, där diameter- och längdfördelning har större betydelse än kvaliteten, gjordes ett antal prognoser.

För dessa prognoser sattes beståndens kvalitetsfördelning till 100% G4. Prislistan för grantimmer var en lista för fördelningsaptering, efter kvalitet G4. I system kan kvalitet 4 tas ut längs hela stammen, varför de enda påverkande faktorerna för resultatet, är diameterfördelning, volymfunktion, stammarnas profil, skador/röta, samt styrprislistans utformning. Varje prognosresultat jämfördes mot erhållet resultat dels vid inmätning på bark, dels vid inmätning efter barkning.

## 5. RESULTAT

Resultaten är uppdelade i två delar. Den första delen omfattar konsekvensanalyser för ett antal parametrar och funktioner som ligger till grund för själva beräkningsrutinen i systemet. Parametrarnas inverkan på prognosresultatet redovisas. Resultaten från den första delen ligger till grund för beräkningarna i den andra delen.

Den andra delen omfattar analyser för ett antal utbytesprognoser där indata och val av beräkningsmetoder varierar. Resultaten från dessa prognoser har jämförts med inmätt resultat.

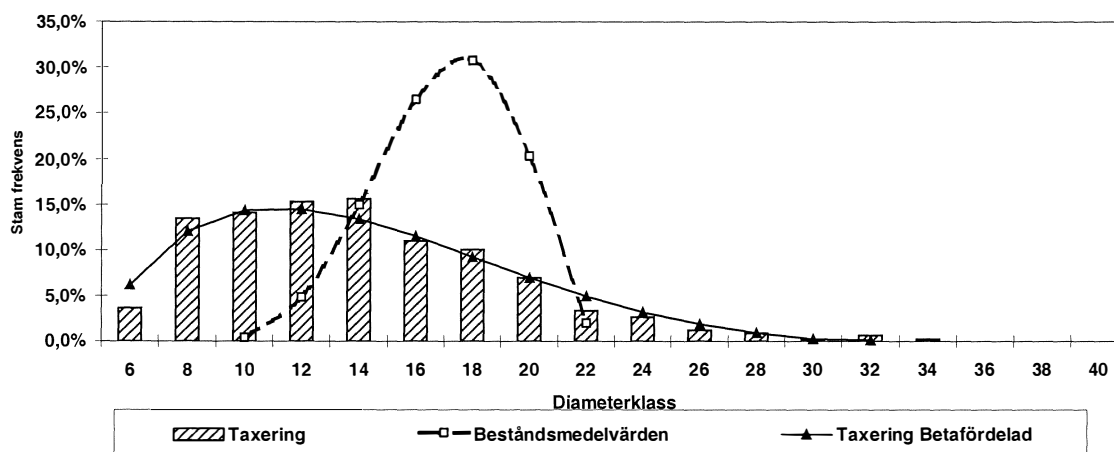
Volymuppgifter avser timmervolym  $m^3$  to under bark där inget annat anges. För alla uppgifter i tabeller och figurer om avvikelser uttryckt i % avses prognosens avvikelse från inmätt resultat.

### 5.1 Konsekvensanalyser

#### 5.1.1 Diameterfördelning

Till denna del har klavdata från fyra bestånd i Norrbotten använts. För de fyra bestånden var den grundtyevägda medeldiameter mellan 19 och 25 cm.

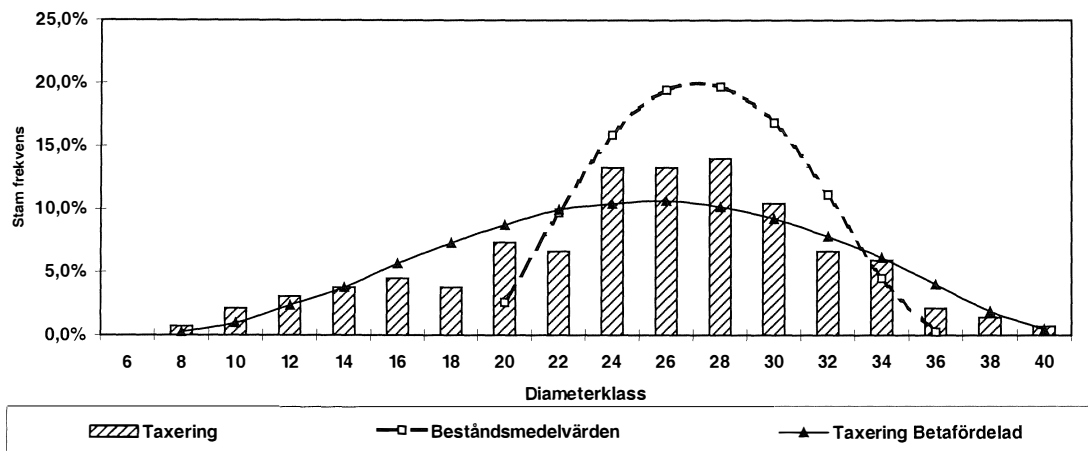
Figur 5-6 beskriver diameterfördelningen för två olika bestånd vid olika val av data för beräkning av fördelningen. Fördelningen som har benämningen "Taxering" är resultatet av en omräkning från klavdata och avser den "sanna" fördelningen, dvs den som mätts i fält på ett antal provytor.



Figur 5. Diameterfördelningar vid olika val av indata och beräkningsfunktion.  
Tallbestånd; Gy 14,9m<sup>2</sup>/ha Medeldiam 18,7cm, Stamantal 743 st.

Vid användandet av beståndsmedelvärden skapas en betafördelning, med utgångspunkt från grundyta och medeldiameter. Den fördelning har genomgående en alldeles för hög koncentration kring medeldiametern. Frekvensen av stammar för de klenare och de grövre diameterklasserna underskattas kraftigt. Vid skapandet av en betafördelning, där underlaget har varit uppgifter om högsta/minsta diameter i klavdata (Taxering Betafördelad), fås en

utjämnad fördelning. Denna fördelning har en god överensstämmelse med den "sanna" fördelningen.



**Figur 6. Diameterfördelningar vid olika val av indata och beräkningsfunktion.**  
Tallbestånd; Gy 24,5m<sup>2</sup>/ha, Medeldiam 23,8cm, Stamantal 743st

Datasystemets beräkningsrutiner för utbytesprognoserna bygger på, att för varje diameterklass ansätts en variation av höjder som bildar de stamprofiler som aptering sker på. Apteringsresultatet uppräknas sedan med antalet stammar i klassen. En diameterfördelning baserad på beståndsmedelvärden kommer att ge en kraftig överskattning av resultaten för prognoserna.

### 5.1.2 Volymfunktioner

Studien över volymfunktioner i kombination med val av funktion för beräkning av diameterfördelning har varit indelad i två delar. Den första gäller för volymfunktioner på tall och den andra gäller för funktioner på gran.

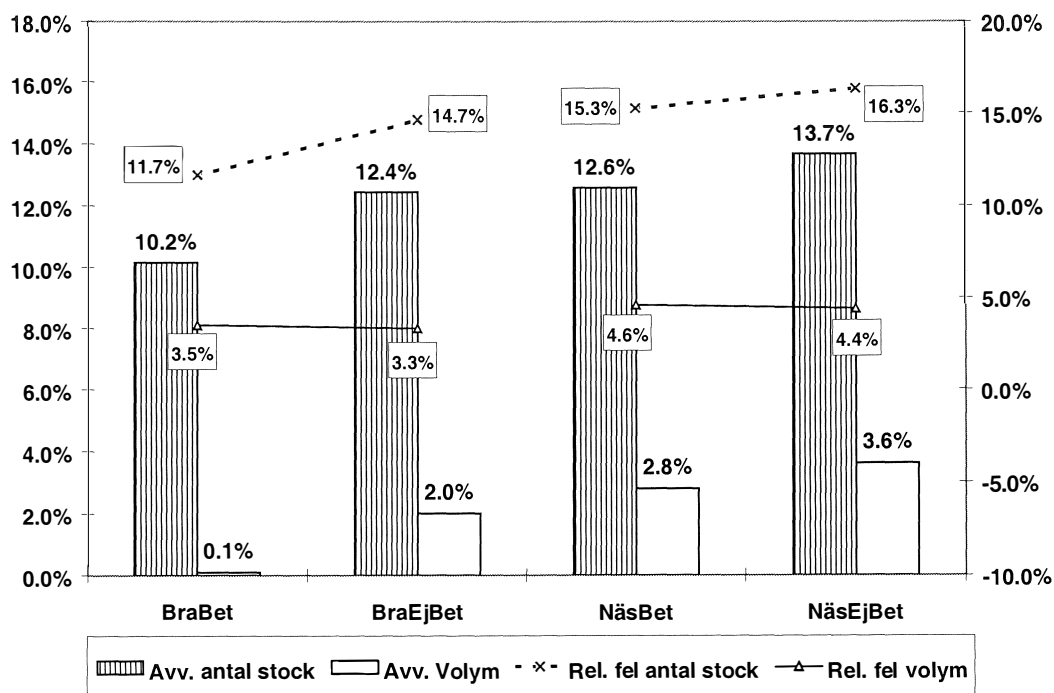
#### A) Volymfunktioner för tall

För beräkningarna användes klavdata och uppgifter om provträdens diameter, höjd, grönkrongräns, kvalitet samt skador från fyra cirkelyt-taxerade bestånd i Norrbotten.

Resultaten visar att en kombination av Brandels volymfunktioner och en betafördelad diameterfördelning (BraBeta), ger den lägsta differensen mellan prognos och verklig volym och antal stockar (se figur 7). Prognosen överskattar i genomsnitt antalet stockar med 10,2% och volymen med 0,1%. Det relativa felet för antal stock är det lägsta av de fyra alternativen med 11,7%. För volymen uppvisar denna kombination det näst lägsta relativa felet med sina 3,5%.

Den kombination som ger sämst överensstämmelse är Näslunds funktioner med en diameterfördelning baserad på klavdata (NäsEjBeta). Den kombination som ger bäst överensstämmelse är Brandels funktioner med en betafördelad diameterfördelning (BraBeta).

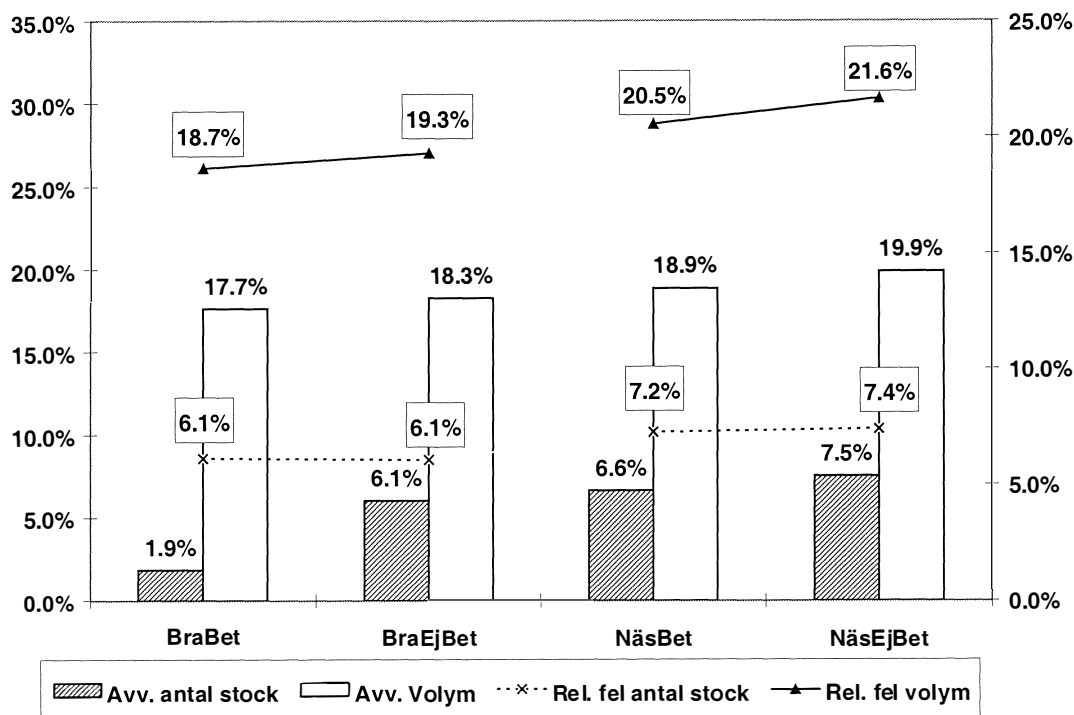




Figur 7. Genomsnittlig avvikelse samt relativt fel i antal stock och timmervolym för olika kombinationer av funktioner för volym och diameterfördelning. Fyra tallbestånd.

#### B) Volymfunktioner för gran

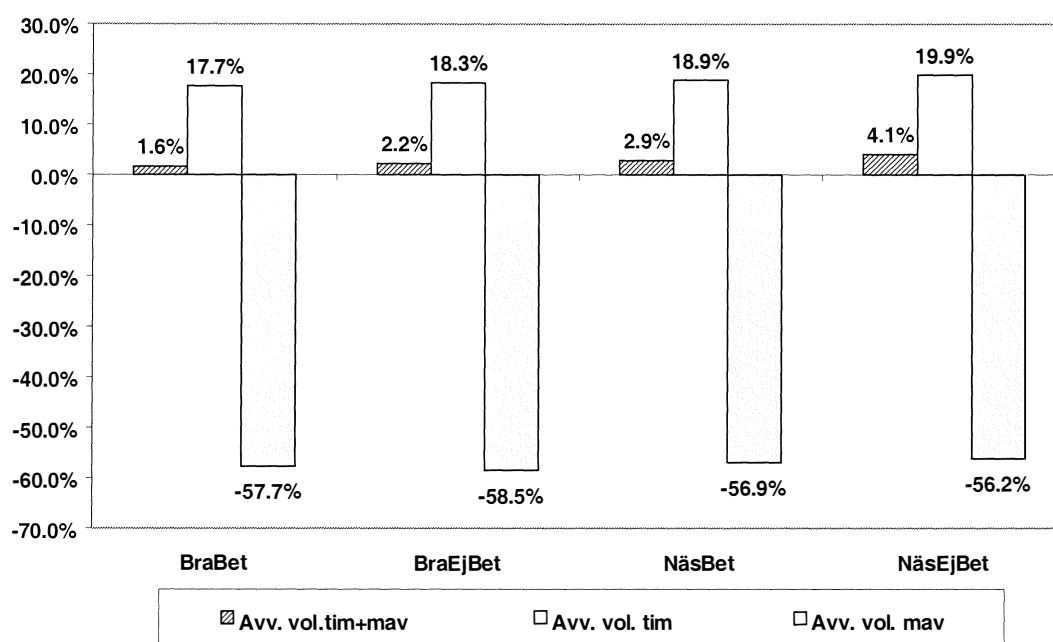
För beräkningarna användes klavdata och uppgifter om provträdens diameter, höjd, skador från tre cirkelytaxerade bestånd i Medelpad.



Figur 8. Genomsnittlig avvikelse samt relativt fel i antal stock och timmervolym för olika kombinationer av funktioner för volym och diameterfördelning. Tre granbestånd

Resultaten uppvisar inte några större skillnader mellan val av funktioner för volym och diameterfördelning (se figur 8). Timmervolymen överskattas med i genomsnitt mer än 17% för samtliga alternativ, vilket är högre än för tallförsöket. Antalet stock ligger dock mycket lägre.

Vid jämförelsen av avvikelser i total-, timmer- och massavolym, uppvisas mycket små skillnader mellan alternativen (se figur 9). Prognosen har skattat beståndens totala volym väl, men fördelningen mellan timmer och massa, har inte lyckats.



Figur 9. Genomsnittliga avvikelser för total-, timmer- och massavolym( $m^3fub$ ) vid val av funktioner för volym- och diameterfördelning. Totalt för tre granbestånd.

Tabell 4 visar den relativa fördelningen av timmer och massavedsvolymer för de fyra beräkningsmetoderna samt den inmätta fördelningen. Samtliga alternativ har överskattat timmerandelen med tio procentenheter.

	BraBeta	BraEjBeta	NäsBeta	NäsEjBeta	Inmätt vid industri
Timmer $m^3fub$	82,3 %	82,5 %	82,5 %	82,6 %	71,5 %
Massaved $m^3fub$	17,7 %	17,5 %	17,5 %	17,4 %	28,4 %

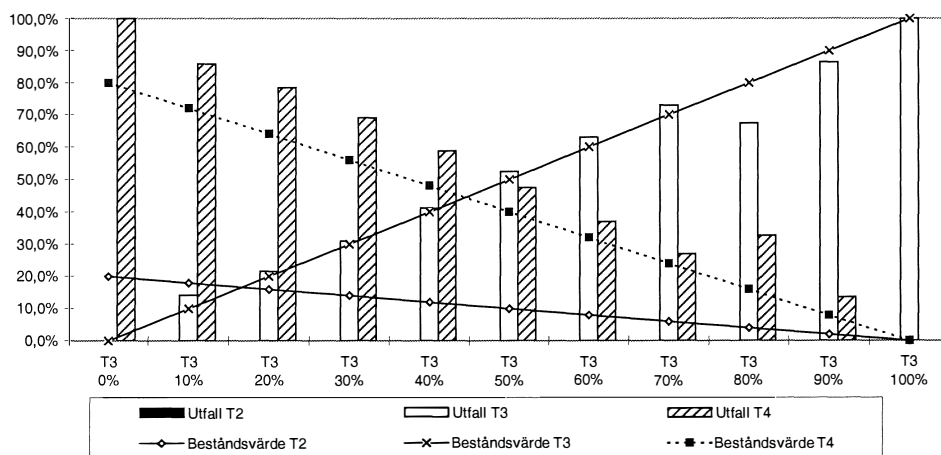
Tabell 4. Fördelningen av timmer och massaved i procent av volym ( $m^3fub$ ) för olika kombinationer av funktioner för volym och diameterfördelning. Totalt för tre bestånd, efter inmätning vid industri. Stockmätning på bark, VMF.

### 5.1.3 Simulering av kvalitetsfördelning

Beräkningar har gjorts på fyra talldominerade bestånd från Norrbotten. Från taxeringsmaterialet har uppgifter om provträdens diameter, höjd och grönkrongräns samt klavdata använts. Diameterfördelningen har betafördelats och Brandels funktioner för norra Sverige valdes för volymbärkning.

Figur 10 visar beståndens samt utfallets fördelning av kvalitet i andelar av volymen för simuleringarna med olika kvalitetsfördelningar. Staplarna representerar det prognostiserade utbytets fördelning och linjerna den fördelning som ansattes varje bestånd.

Vid jämförelse mellan beståndens fördelning och utfallets fördelning så ligger T4 och T3 på en något högre nivå i utfallet, med undantag för prognoserna "T3 80%" och "T3 90%". Något överraskande framgår det att inga volymer av T2 finns med i prognosen.



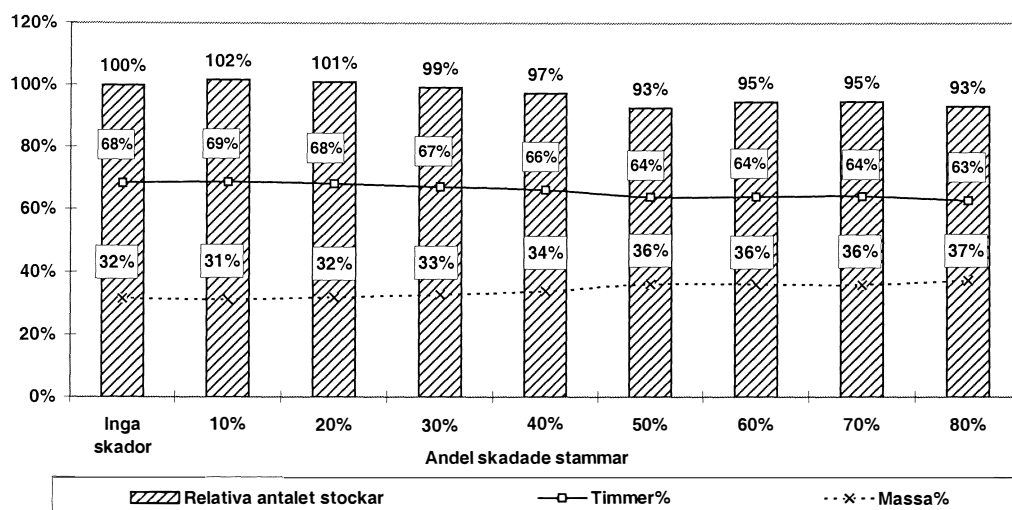
Figur 10. Beståndens och utfallets kvalitetsfördelning, totalt för fyra bestånd, uttryckt som andel av volym vid simulering där beståndens kvalitet T3 stegvis går från 0 % till 100 %

### 5.1.4 Simulering av skador

Skadesimuleringen kördes på fyra tallbestånd, där dataunderlaget var ett taxerat material från Norrbotten. Diameterfördelningen betafördelades och volymerna har beräknats med Brandels funktioner för norra Sverige.

Resultatet för skadesimulering (se figur 11) uppvisar inte några stora skillnader på volymerna för timmer och massa. I genomsnitt övergår timmer till massaved med 0,9 procentenheter för var tionde procentenhet som skadefrekvensen ökas.

Vid en jämförelse av de prognostiserade stocknotorna, uppvisar resultaten inga större skillnader i diameterfördelning. Skillnaderna är endast några enstaka tiondels procent, upp eller ner. För längdklasserna är skillnaderna något större men fortfarande relativt små. För längdklassen 43 dm sjunker andelen stockar från 41% till 36% med stigande skadefrekvens. I längdklasserna 34 dm och 37 dm stiger fördelningen från 10% till 13 %. Övriga längder har en fördelning mellan 4% och 14% och uppvisar endast förändringar i tiondels procent. 43 dm längden har den i särklass högsta andelen stockar, omkring 40%.



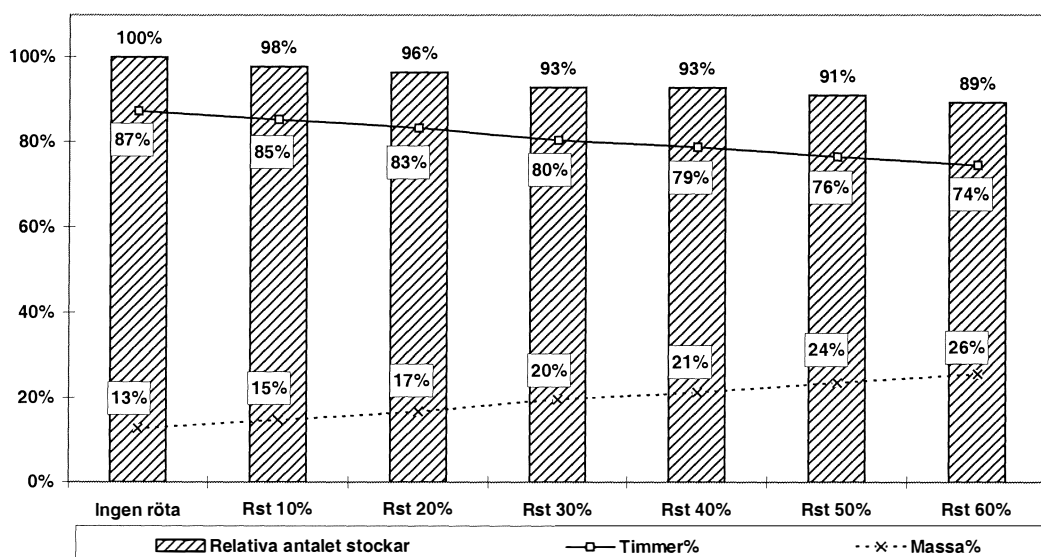
Figur 11. Andelen timmer och massa av prognosutfallets volym samt antalet stockar relativt stockantalet för prognos "Inga Skador" vid simulering av skadefrekvens.

### 5.1.5 Simulering av röta

Simulering av röta gjordes på tre granbestånd. Dataunderlaget var ett taxerat material från Medelpad. Diameterfördelningen betafördelades och volymerna har beräknats med Brandels funktioner för norra Sverige.

I figur 12 presenteras resultaten för simulering av röta, där antalet rötade stammar stegvis ökades från 0 till 60%. Rötans utbredning i höjd hölls konstant till 5%.

Andelen timmer övergår till massaved med i genomsnitt 2 procentenheter för var tionde procentenhet som frekvensen för antalet rötade stammar ökas. Även antalet stockar i stocknotan sjunker med i genomsnitt 2 procentenheter.

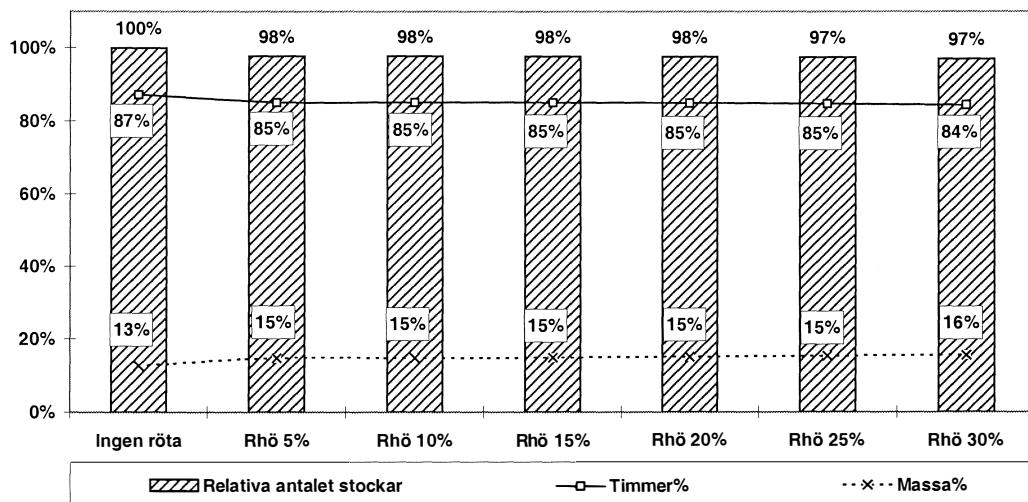


Figur 12. Andelen timmer och massa av prognosutfallets volym samt antalet stock relativt stockantalet i prognos "Ingen röta" vid simulering av frekvensen rötade stammar

Vid en jämförelse över stockarnas diameterfördelning uppvisas förbluffande små skillnader. Största förändringen sker för diameterklass 16 cm där andelen stockar, går från en fördelning på 9,7% till 11,9%. Övriga diameterklasser uppvisar förändringar om endast enstaka tiondels

procent upp eller ner. För längdklasserna är även här förändringarna enstaka tiondels procent. Enda undantaget är att klassen 52 dm sjunker totalt med 3% och klassen 49 dm stiger med totalt 3%.

Figur 13 visar resultatet för simulering där rötans höjdbredning stegvis ökades. Antalet rötade stammar hölls konstant till 10%. Förändringarna var även här, oväntat små, för att inte säga obefintliga. Antalet stockar sjunker i genomsnitt med 0,1 procentenheter, från nivån 5% av trädhöjden, till nivån 30%. Andelen timmer som övergår till massaved minskar, för samma intervall, med i genomsnitt 0,2 procentenheter. Vid jämförelser över diameter- och längdfördelningarna uppvisades mycket små förändringar. Samtliga låg inom  $\pm 0,2\%$ .



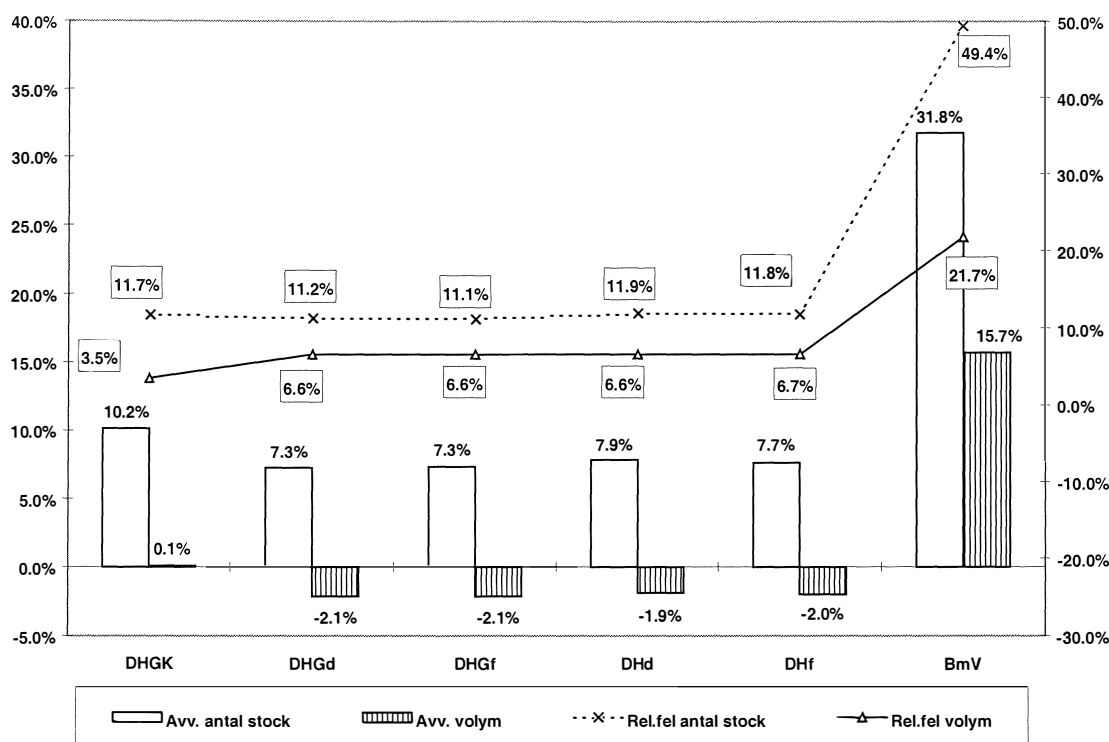
Figur 13. Andelen timmer och massa av prognosutfallets volym samt antalet stock relativt stockantalet i prognos "Ingen röta" vid simulering av rötans höjd på stammen

## 5.2 Utbytesprognoser med olika omfattning på indata

Avsnittet omfattar två delar. Den första baseras på data från talldominerade bestånd i Norrbotten, och den andra på data från grandominerade bestånd i Medelpad.

### 5.2.1 Talldominerade bestånd - Norrbotten

Beräkningarna omfattar fyra bestånd där samtliga diameterfördelningar betafördelades och Brandels volymfunktioner användes. I figur 14 visas resultatet för jämförelser mellan prognos och inmätt volym samt stockantal. Resultatet visar att den bästa volymskattningen fås då den största omfattningen på indata användes (DHGK) i utbytesberäkningen. För de fyra övriga prognoserna där indata också baseras på taxering (DHGd-DHf), är genomsnittliga avvikelsera och de relativa felen nästan lika stora. Användandet av beståndsmedelvärden (BmV) gav en stor överskattning av både volym och antal stock.



**Figur 14. Genomsnittlig avvikelse och relativa fel i volym och antal stock för prognoser med olika omfattning på indata relativt erhållet utfall inmätt vid industri**

Tabell 5 visar fördelningsgraderna för de olika prognosalternativen. Vid jämförelser av fördelningsgrader har ej diameterklass 120mm tagits med. Detta för att systemet redovisar prognosresultat från diameter 120mm och uppåt i 20mm intervall. Apteringsberäkningarna sker från 100mm och uppåt. Detta gav att i resultatets klass 120 mm, fanns stockar summerade över apteringsdiameter 102mm, 120mm (båda klenlimmer) och 132mm. Fördelningsgraderna i diameterklass 120 innehåller då de summerade avvikelserna för de tre klenaste dimensionerna, och kunde ej särskiljas.

Fördelningsgrad	Prognosalternativ					
	DHGK	DHGd	DHGf	DHd	DHf	BmV
<b>Total</b>	68,3	71,5	72,3	72,5	71,0	70,5
<b>Diameter</b>	93,5	94,5	94,4	94,4	94,4	83,4
<b>Längd</b>	71,3	76,3	76,0	76,1	75,5	79,0

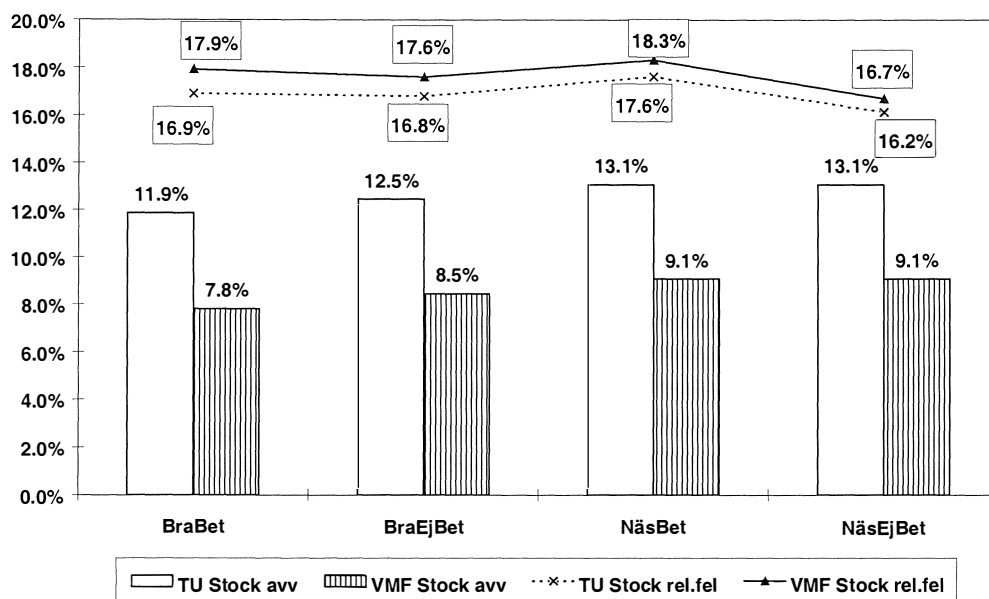
**Tabell 5. Fördelningsgrader totalt för fyra bestånd uttryckt i % för respektive prognosalternativ**

### 5.2.2 Grandominerade bestånd - Medelpad

Då resultaten från konsekvensanalyserna av val av volymfunktion uppvisade mycket små skillnader mellan de olika alternativen, valdes att beräkna fördelningsgrader för samtliga dessa valmöjligheter. Fördelningsgrader beräknades för stocknota före (VMF) och efter (Tunadal) barkning. Beräkningarna omfattar två bestånd.

Ur stocknotorna från inmätning på bark samt efter barkning utsorterades de stockar som ej uppfyllde prislistans minsta/kortaste resp. största/längsta diameter och längd. Stockarna

indelades sedan i standard diameter- och längdklasser. Avvikelse mellan prognoserna och inmätta antalet stockar visas i figur 15. Prognoserna underskattar antalet stockar mot inmätning på bark, men överskattar antalet stockar mot inmätning efter barkning.



Figur 15. Prognosernas genomsnittliga avvikelse samt relativa felet för antalet stock vid inmätning på bark (VMF) samt efter barkning (TU).

För både inmätningarna är totala fördelningsgraden mycket låg, under 60% (se tabell 6). Det är dock inte några större skillnader i fördelningsgrader, mellan inmätning på eller under bark.

Inmätning	Fördelningsgrader	BraBeta	BraEjBeta	NäsBeat	NäsEjBeta
VMF på bark	Total	55,8	55,5	55,9	54,8
	Diameter	80,3	79,3	80,6	79,3
	Längd	66,6	66,9	67,1	66,1
TUNADAL efter barkning	Total	57,7	57,4	57,7	56,7
	Diameter	81,5	81,1	81,9	81,2
	Längd	66,9	67,2	67,4	66,3

Tabell 6. Fördelningsgrader totalt för två bestånd uttryckt i %, för inmätning på bark respektive efter barkning.

Delar av resultaten för avvikelser i stocknotor visas i tabell 7. För samtliga utbytes- och inmätningsalternativ, se Bilaga 6. Av tabellen nedan framgår det att prognosen kraftigt har underskattat antalet stockar i diameterklass 160 mm. Enda undantaget i klassen är för längden 550 cm, som kraftigt överskattas.

För diameterklasserna i mitten (200-260 mm), underkattas den kortaste längden (400 cm), men den längsta (610 cm) uppvisar en överskattning. För de grövsta diametrarna (280mm-) sker en stigande överskattning i längdklass 550 cm.

### Avvikelser mot inmätning VMF

BraBeta										
Längd(cm)	Diameter(mm)									
	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
400	-1	-4	-4	-35	-49	-30	-339	-13	-5	-3
430	10	-22	-6	-5	-1	-2	-8	-2	-3	-2
460	3	-33	-14	-9	-1	-1	-21	3	-10	-14
490	6	-32	-5	-8	0	-1	-13	-3	-23	-9
520	-1	-34	-8	-8	-1	0	-13	-9	-14	-9
550	25	55	11	-23	-7	-4	-13	35	66	86
610	0	-2	31	-30	37	34	12	-1	0	0

### Avvikelser mot inmätning TUNADAL

BraBeta										
Längd(cm)	Diameter(mm)									
	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
400	-1	-4	-9	-47	-55	-27	-286	-1	-1	-1
430	9	-23	-5	-4	-1	-1	-3	-2	-2	-1
460	3	-33	-12	-5	-2	-3	-50	8	-7	-7
490	5	-32	-2	-2	-1	-1	-35	-3	-15	-6
520	-4	-27	-6	-3	-1	0	-16	-12	-10	-4
550	21	60	12	-12	-3	-2	-10	31	70	90
610	-1	-11	22	-19	44	40	54	0	0	0

Tabell 7. Avvikelser i antalet stockar för respektive kombination av diameter- och längdklass uttryckt i procent av antalet prognostiserade stockar i diameterklassen.



## 6. DISKUSSION

### 6.1 Konsekvensanalyser

#### 6.1.1 Diameterfördelning

När resultaten granskas för hur valet av indata påverkar diameterfördelningen står det klart att beståndsmedelvärden ger stora avvikelser. Detta val gav en kraftig underskattning av antalet stammar i beståndets klenare och grövre diameterklasser, samt en kraftig överskattning runt beståndets medeldiameter.

De stora avvikelserna då indata har varit beståndsmedelvärden, beror på hur systemet skattar diameterspridningen och fördelningskurvas snedhet (asymmetri). Vid beräkning av betafunktionens frekvensfunktion ger skattningarna för parametrarna  $a$  och  $b$  diameterspridningen, och parametrarna  $\alpha$  och  $\gamma$  kurvans snedhet och toppighet (excess). Systemets algoritm skattar fördelningens högsta diameter ( $b$ ) med en funktion utifrån grundyta och medeldiameter. Den lägsta diametern ( $a$ ) ansätts med ett standardvärde beroende på medeldiameter och grundyta, dock ej lägre än 10 cm. Parametrarna  $\alpha$  och  $\gamma$ , ansätts med en uppsättning standardvärden, beroende på medeldiameter och grundyta. Algoritmen kör ett antal loopar, och justerar  $\alpha$  och  $\gamma$ , tills dess att fördelningens och ingående medeldiameter överensstämmer. Utgångsläget innan looparna är dock att  $\alpha = \gamma > 0$ , vilket kommer att ge en klockformad fördelningskurva (se Bilaga 2).

För att få fram en bättre diameterfördelning vid användandet av beståndsmedelvärden, vore det önskvärt om man i systemet kunde ges möjlighet att justera skattningarna för  $a$ ,  $\alpha$  och  $\gamma$ . En möjlighet skulle kunna vara att man alltid sätter minsta diametern ( $a$ ) till 8 cm i kombination med att man kan välja vilken snedhet som fördelningskurvan skall hålla (se Bilaga 2). Detta skulle ge en kurva med en större spridning (standardavvikelse) och en lägre toppighet (excess). Då skulle man förbättra förutsättningarna för att använda beståndsmedelvärden till utbytesprognoser. Detta fordrar dock en större information om beståndets utseende. För att välja snedhet måste man veta om mer än hälften av beståndets stammar, har en lägre (sned åt vänster), eller högre (sned åt höger) diameter än den grundytavägda medeldiametern. Denna metod fordrar också fortsatta studier. Den betafördelade diameterfördelningen, som baserats på data ur taxeringen, visade en god överensstämmelse med den empiriska fördelningen. Detta är svårt att förklara

#### 6.1.2 Volymfunktioner

Resultaten för valet av volymfunktion i kombination med val av diameterfördelning uppvisar inte några drastiska skillnader. Generellt sett så har prognoser med betafördelad diameterfördelning något bättre överensstämmelse än inventerade, både med avseende på volym och antal stock. Detta kan vara slumpmässigt resultat för det finns inte några belägg för att ett bestånds utseende skulle kunna förklaras med en betafördelning.

Brandels volymfunktioner gav något bättre volymskattning än Näslunds, i respektive typ av diameterfördelning. Den kombination som ger bästa skattning för både volym och antal stock, med avseende på avvikelse och relativt fel är Brandels volymfunktioner och betafördelad diameterfördelning.

### 6.1.3 Kvalitetsfördelning

I det prognostiserade utfallet finns inga volymer av kvaliteten T2. Detta beror på två saker. Det första är att beräkningen gjordes på tallbestånd från Norrbotten, där medelhöjden var omkring 15,5 m, och medeldiametern var ca 21,5 cm. Detta medgav i de flesta fall att tre stockar kunde tas ut per stam, dvs. två timmer och en massa, och för de högsta träden möjligen tre timmer och en massa. Den andra orsaken är att stamkvaliteten S2 beräknades utifrån en höjdfunktion framtagen ur taxeringsdata. Denna funktion gav en S2 höjd vid en diameter på stammen, nära gränsen för minsta tillåtna timmerdimension. Denna S2 gräns gjorde att underliggande stock (en T4) drogs ut, fram till massavedsgränsen. Detta förklarar varför andelen T4 ligger högre i prognosen än i beståndet.

Kvaliteten T3 ligger mycket jämt fördelad, med mycket små skillnader mellan prognostiserad fördelning och beståndsfördelning. Enda undantaget är då beståndets T3-andel var satt till 80%, men prognosen höll en andel av ca 67%. Höjden för stamkvalitet S3 som motsvarar 80% av stamvolymen kom att ligga på halva trädhöjden. För medelstammen motsvarar detta ca 7,5 m. Kortaste resp. längsta tillåtna stocklängd var 3,45 m resp. 5,80 m. Detta kom att medföra att 7,5 m var för kort för två korta stockar T3, men längre än maximal stocklängd. Andrastocken kom att bli en T4 där de första 1.7 m höll kvalitet T3. På grund av prislistans dimensionskrav gick det ej att ta ut hela beståndsvolymen T3. Detta förklarar varför avvikelserna blev så stora.

### 6.1.4 Skador och röta

Det uppvisades mycket små förändringar i volymer för timmer och massaved, vid simuleringarna av både skador och röta. För var tionde procentenhet som frekvensen av skador ökades, övergick volymen timmer till massaved med i genomsnitt 0,9 procentenheter. I simuleringen av antalet rötade stammar gick likaledes volymen timmer över till massaved med 2 procentenheter. I båda fallen sker en överföring av andelen stockar, från längdklasserna 43 dm resp. 52 dm till klasserna 34 dm, 37 dm resp. 49 dm. Rötans utbredning i höjd hade en nästan obefintlig inverkan på resultatet.

Orsaken till att skillnaderna är förhållandevis små ligger i beräkningsalgoritmen. När systemet simulerar skador eller röta, slumpas ett kapställe ut längs med stammen, för var och en av de ca 90 viktade stamprofilerna som apteras i varje diameterklass i diameterfördelningen. Detta kap tvingar optimeringsalgoritmen att börja om med apteringsoptimeringen från kapstället och upp mot toppen. Om längden på stocken under kapstället är längre än minimilängd för massa/timmer, insorteras den i det sortimentet som ger högst värde. Om den är kortare blir den lump. De viktade stamprofilernas apteringsresultat summeras sedan och multipliceras med antalet stammar i diameterklassen. Detta gör att skadefrekvensen inte får ett så kraftigt genomslag och att det till större delen blir kortare timmerstockar och inte massa eller lump i beräkningen av skador och röta.

## 6.2 Omfattning på indata

### 6.2.1 Talldominerade bestånd - Norrbotten

Resultaten för prognosernas volymkattning visar att avvikelserna för taxerade bestånd, ligger i intervallet 0,1% till -2,1%. För prognoser baserade på beståndsmedelvärden överskattas i genomsnitt volymen med mer än 15%. Alla prognoser överskattar antalet stockar. Fördelningsgraderna uppvisade inte några större skillnader mellan de olika alternativen på indata.

Jämförelserna av prognosernas kvalitetsfördelning och den vid industri inmätta medelfördelningen, visar att prognoserna inte skattar kvaliteterna T1, T2 och T5. Kvalitet T5 beräknas inte i systemet, så att den inte finns med i prognoserna är logiskt. Att T2 inte prognostiserats, överensstämmer med resultaten för konsekvensanalysen av kvalitetsfördelning (se 6.2.3). Prognosernas avsaknad av T1 beror på beräkningsalgoritmen och beståndens utseende. Stamkvalitet 1 (S1) beräknas i systemet utifrån höjden för stammens kvalitet 3 (S3). Bestånden har varit för kläna för att höjden för stammens kvalitet 1(S1), vid aptering skall motsvara prislistans lägsta tillåtna längd för timmer T1. De andelar S1 som räknats fram kommer då, efter aptering, att hamna i kvalitet T3.

### 6.2.2 Grandominerade bestånd - Medelpad

Jämförelserna mellan prognoser och verkligt utfall har blivit något haltande. Dels eftersom ett så litet facitmaterial varit tillgängligt (2 bestånd), och dels beroende på systemets indelning av diameter- och längdklasser. Oavsett vilken klassindelning som prislistorna har, kommer resultatet alltid att presenteras i fasta standardklasser för diameter 180,200,220....osv), och för längd (340,370....osv). Beräkningarna i systemet görs dock exakt efter de klassgränser som prislistan har angivit. Prislistan som användes i denna studie hade två diameterklasser som låg mellan de fasta klasserna i resultatpresentationen. Ovan nämnda orsak gör att resultatet för fördelningsgrader och avvikelser i stocknotans dimensionsklasser, är behäftade med fel som inte har med beräkningsalgoritmen att göra. Det betraktade antalet bestånd är två, vilket gör att osäkerheten är stor för de avvikelser som har med beräkningsalgoritmen att göra.

För både inmätning på och under bark visar resultaten att prognosen kraftigt underskattar antalet stockar i längdklass 400 cm, men överskattar stockantalet i 550 cm. På motsvarande sätt underskattas diameterklasserna 160 mm och 260 mm. Eftersom bestånden ansattes med kvalitet G4 till 100%, beror dessa avvikelser inte på kvalitetsprioriteringar i beräkningsalgoritmen. Det är heller inte troligt att avvikelserna beror på skadefrekvensen, eftersom skadesimuleringen borde ge en överskattning i de korta längderna, och inte tvärtom. Det troligaste är att det beror på styrprislistans utformning. Resultaten är dock för osäkra för att någon närmare analys skall vara möjlig. Det enda som resultaten med säkerhet visar i denna del är, att det är en svaghet i systemet att inte prognoserna presenteras i de dimensionsklasser som prislistan är indelad i.

## 6.3 Datasystemet BASS-BEST/UPR

Detta arbete har kantats av ett antal problem relaterade till program- och maskinvaror. Datasystemet BASS-BEST/UPR använder sig av en databashanterare med produktnamnet Oracle8, med formulärhanterare Developer 2000. Under arbetets gång har denna programvara fått installeras om vid tre tillfällen. Första gången var då hela operativsystemet rasade. Vid detta tillfälle fick hårddisken omformateras, och även alla andra programvaror(t.ex. MS Office) installeras om. Vid två tillfällen tappade operativsystemet kontakten med Oracle programvaran. Detta avhjälpes dock, genom att vissa delar av programmen installerades på nytt. Till detta skall läggas att även kalkylprogrammet MS Excel rasat två gånger, MS Access två gånger och hela Windows 95 med MS Office en gång. Efter konsultation med Dataavdelningen vid Sveriges Lantbruksuniversitet, dataföretaget Berget Systemdesign AB samt datasupporten vid SCA Forest and Timber AB har ingen entydig förklaring kunnat ges. Vad som dock kan konstateras är att antalet driftstörningar, oavsett orsak, har varit högre än vad som kan anses vara normalt.

I detta arbete har datasystemet BASS-BEST/UPR körts som ett självständigt program. Systemet är inte i första hand konstruerat för detta, utan för att köras under ett indelningsregister eller dyl. Då systemet började användas, uppkom ett stort antal felmeddelanden. Till en viss del kan dessa hänvisas till rena handhavandefel. Orsaken till felen var till största delen att inläringen genomfördes utan en användarmanual, då en sådan ej existerar. En av svagheter i systemet är att dokumentationen, dvs möjligheten att få hjälp genom textinstruktioner, är mycket bristfällig. Ett antal av felen har kunnat härledas till rena "systembuggar" i programvaran. Något enstaka fel kunde härledas till "buggar" i Windows 95.

#### **6.4 Slutsatser**

- Skapandet av den teoretiska diameterfördelning bör baseras på data från taxering i fält, för bästa prognosresultat.
- Diameterfördelningen som betafördelades gav ett något bättre resultat.
- Brandels volymfunktioner gav något bättre skattningar än Näslunds funktioner
- För en stigande frekvens, vid simulering av antalet skadade stammar, övergår andelen timmer till massa linjärt.
- För en stigande frekvens, vid simulering av antalet rötade stammar, övergår andelen timmer till massa linjärt.
- För klenta bestånd har en taxerad krongränshöjd mycket liten inverkan på resultatet.
- Systemet har en svaghet i att resultatet ej presenteras i samma dimensionsklasser som prislistan, efter vilken beståndet apterats.

## **7. REKOMMENDATIONER FÖR TILLÄMPNING OCH UTVECKLING AV SYSTEMET.**

Sidorna 43 - 45 innehåller information om interna angelägenheter inom SCA Forest and Timber och är därför utelämnad i denna offentliga version av arbetet.

## REFERENSER

### Litteraturförteckning

Anon. 1997. *Skogsskötselhandboken*. SCA Forest and Timber AB. Skogsvårdsavdelningen. Intern publikation. Sundsvall.

Bergstrand, K G. 1980. *Höjdkurvemodell*. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Stencil 80-01-15. Stockholm.

Brandel, G. 1990. *Volymfunktioner för enskilda träd. Tall, gran och björk*. SLU. Inst. f. skogsproduktion. Rapport Nr 26. Garpenberg.

Djurberg, H. 1996. *Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde*. SLU. Inst. f. skoglig resurshushållning och geomatik. Arbetsrapport 11. Umeå.

Heijbel, I. 1975. *Tallens, granens och björkens stamform*. Tre artiklar tidigare publicerade i Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift. Stockholm

Kihlbom, P., Sondell, J. 1994. *Prov med två simuleringsverktyg för aptering*. SkogForsk. Resultat Nr. 16. Uppsala.

Nilsson, G. 1976. *Stamfördelningar*. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, redogörelse nr 2. Stockholm.

Näslund, M. 1940. *Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk*. Meddelande från Statens Skogsförsöksanstalt 32:4. Stockholm.

Ogemark, T., Sondell, J. 1997. *Avverkningsprognoser på stocknotenivå - baserade på inventering och simulering*. SkogForsk. Resultat nr 21. Uppsala.

Ollas, R. 1980. *Nya utbytesfunktioner för träd och bestånd*. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Ekonomi nr 5.

Sondell, J. 1991. *Fördelningaptering - praktiska prov*. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Resultat nr 2. Kista.

Sondell, J. 1994. *Bra virkesdata nyckeln till ändamålsanpassad råvara*. SkogForsk. Redogörelse nr 3. Uppsala.

VMR, Virkesmätningrådet 1995. *Kvalitetsklassning av barrsågtimmer*. Information från Virkesmätningrådet. Märsta.

## **Personliga meddelanden**

Danielsson, B. 1999. IT-konsult / systemutvecklare, Berget Systemdesign AB.

Eriksson, L. I. 1999. produktionsplanerare, Munksunds sågverk, SCA Forest & Timber AB.

Fohlin, P. 1999. planeringsansvarig, Tunadals sågverk, SCA Forest & Timber AB.

Nordlander, S. 1999. produktionsledare, Medelpads sf, SCA Forest & Timber AB.

Panhed, K. 1999. assistent, Medelpads sf, SCA Forest & Timber AB.

Tjernberg, G. 1999. utvecklingschef, Medelpads sf, SCA Forest & Timber AB.

Yngvesson, M. 1999. Bitr. virkeschef, Virke Nord, SCA Forest & Timber AB.

## BILAGOR

<i>Bilaga 1 Termer och begrepp.....</i>	<i>I</i>
<i>Bilaga 2 Betafördelning.....</i>	<i>II</i>
<i>Bilaga 3 Geografisk indelning av data för barktjocklek/ -avsmalning och form....</i>	<i>III</i>
<i>Bilaga 4 Beståndsmedelvärden samtliga trädslag.....</i>	<i>IV</i>
<i>Bilaga 5 Avvikelser i stocknotor- Talldominerade bestånd, Norrbotten.....</i>	<i>V</i>
<i>Bilaga 6 Avvikelser i stocknotor- Grandominerade bestånd, Medelpad.....</i>	<i>VII</i>



## **Bilaga 1 Termer och begrepp**

För att klargöra och undvika missförstånd ges här en redogörelse för definitionen av ett antal termer och begrepp.

Avdelning Avgränsat område, ägofigur på skogskarta

Bestånd En population av träd som växer inom viss areal och karaktäriseras av en viss enlighet med avseende på ålder, trädslagsblandning mm. Begreppet bestånd används synonymt med begreppet avdelning.

Beståndsdata Data som beskriver ett bestånd. Dessa omfattar t.ex. stamantal, volymer, grundyta, diameterfördelning, kvalitet. Beståndsdata kan hämtas från ett indelningsregister eller beräknas från taxeringsdata.

Diameterfördelning Frekvensfördelningen av träd med avseende på diameterklasser.

Drivningsenhet Två eller flera intilliggande avdelningar som är homogena med avseende på volym/ha, trädslagsblandning samt dimension och som har slagits samman till en enhet. En drivningsenhet är minsta enhet för utsyning och taxering.

Grönkrongräns Grönkrongräns är en term i datasystemet BASS och är synonymt med krongränshöjd.

Krongränshöjd Avståndet från marken till nedersta friska gren på stammen. Följer tre döda grenvarv flyttas gränsen upp till nästa friska gren.

Stamprofil Anger en stams geometriska utseende. I systemet utförs apteringsberäkningen på en S. För varje S är brösthöjdsdiameter, höjd, höjd för kvalitetsgräns 3 och grönkrongräns, formkvot samt diameteravsmalning definierat.

Stocknota Data för utbytet från en drivningsenhet och som beskriver antal stock, stocktyp, kvalitet, för respektive kombination av diameter- och längdklass. Kan även omfatta volymer.

Stocktyp Stockens läge längs stammen uttryckt som rot-, mellan- eller toppstock. Första stocken på ett träd är alltid en rotstock, och den sista stocken är alltid en toppstock. Alla mellanliggande stockar betecknas mellanstock.

Styrdata En term BASS. Geografisk bunden tabelldata för beräkning av en stamprofil. Styrdata omfattar barktjocklek, barkavsmalning, grönkrona, form samt diameteravsmalning.

Utbytesberäkning Algoritmer och datarutiner som utifrån beståndsdata, användardefinitioner och styrdata utför en apteringssimulering och beräknar utbytet. Resultatet av en utbytesberäkning är en utbytesprognos.

Utbytesprognos Resultatet av en utbytesberäkning. Prognosen omfattar volymer för olika sortiment, stocknotor och det monetära värdet av det apterade beståndet.

## Bilaga 2 Betafördelning

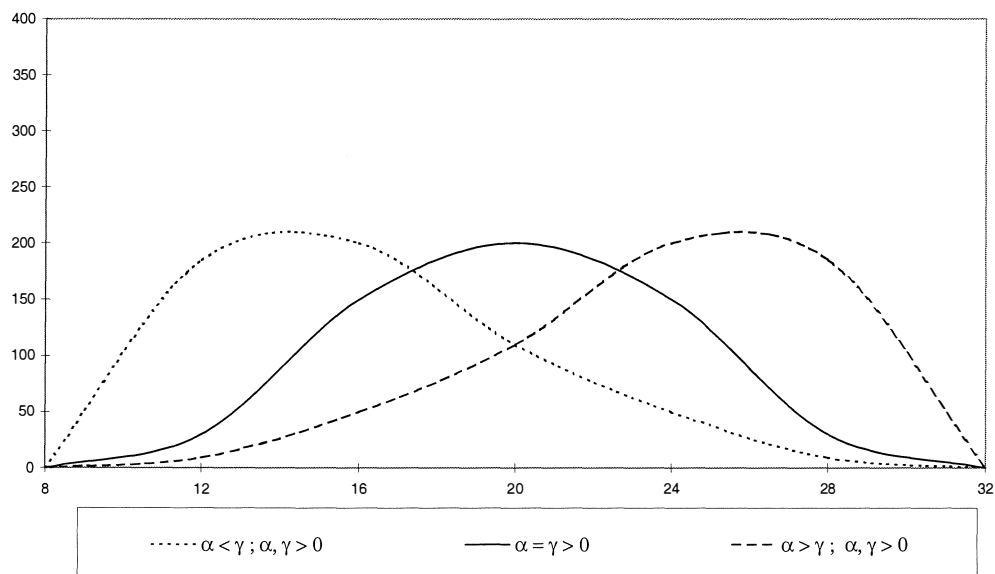
Betafördelningens frekvensfunktion tecknas

$$f(x) = k(x - a)^\alpha (b - x)^\gamma$$

där  $x$  = studerad variabel (diametern)  
 $a$  = fördelningens nedre gräns (minsta diam.)  
 $b$  = fördelningens övre gräns (största diam.)  
 $\alpha, \gamma$  = exponenter i beta-funktionen

$$k = \frac{1}{\int_a^b (x - a)^\alpha (b - x)^\gamma dx}$$

Betafördelningens frekvensfunktion vid olika värden på  $\alpha$  och  $\gamma$



### Bilaga 3 Geografisk indelning av data för barktjocklek/ -avsmalning och form

#### Barktjocklek

Underlaget till dessa dataserier är hämtade från Riksskogstaxeringen. De geografiska områdena omfattar följande län.

Område	Län	Trädslag
1	Gotland, Jönköping, Kalmar, Kronoberg, Skaraborg, Stockholm, Södermanland, Uppsala, Västmanland, Östergötland	Tall, Gran
2	Blekinge, Bohus, Göteborg, Halland, Kristianstad, Älvsborg	Tall, Gran
3	Värmland, Örebro	Tall, Gran
4	Dalarna	Tall, Gran
5	Gävleborg, Västernorrland	Tall, Gran
6	Jämtland, Norrbotten-kust, Västerbotten-kust	Tall, Gran
7	Västerbotten-Lappland	Tall, Gran
8	Norrbotten-Lappland	Tall, Gran

#### Barkavsmalning

Underlaget till dessa dataserier kommer från Skogshögskolans Stora Produktionsundersökningen 1941- 1965. De geografiska områdena omfattar följande län.

Område	Län	Trädslag
1	Gotland, Jönköping, Kalmar, Kronoberg, Skaraborg, Stockholm, Södermanland, Uppsala, Västmanland, Östergötland	Tall
2	Blekinge, Bohus, Göteborg, Halland, Kristianstad, Älvsborg	Tall
3	Värmland, Örebro	Tall
4	Dalarna	Tall
5	Gävleborg, Västernorrland	Tall
6	Jämtland, Norrbotten-kust, Västerbotten-kust	Tall
7	Västerbotten-Lappland	Tall
8	Norrbotten-Lappland	Tall
9	Hela Sverige	Gran

#### Form

Underlaget till dessa dataserier kommer från Riksskogstaxeringen. De geografiska områdena omfattar följande län.

Område	Län	Trädslag
1	Norrbotten-Lappland, Västerbotten-Lappland	Tall, Gran
2	Norrbotten-kust, Västerbotten-kust	Tall, Gran
3	Dalarna, Gävleborg, Värmland	Tall, Gran
4	Jönköping, Kalmar, Kronoberg, Skaraborg, Stockholm, Södermanland, Uppsala, Värmland, Älvsborg, Örebro, Östergötland	Tall, Gran
5	Blekinge, Bohus, Gotland, Göteborg, Halland, Kristianstad	Tall, Gran
6	Jämtland, Västernorrland	Tall, Gran

#### Bilaga 4 Beståndsmedelvärden samtliga trädslag

Beståndsmedelvärden beräknades på data från taxering.

Bestånd	Areal ha	Träd slag	Volym m3sk/ha	Stammar per ha	Grund yta	Diameter gy-vägd	Diameter aritmetisk	Höjd gy-vägd
Norrbotten 1	20,3	BJ	7,3	170,0	2,1	13,8	12,1	6,3
		GR	34,6	590,0	6,0	13,2	10,8	11,3
		TA	60,0	348,0	8,6	20,9	16,6	14,4
Norrbotten 2	18,6	BJ	2,7	52,0	0,9	16,8	13,7	6,9
		GR	8,8	56,0	1,2	19,7	15,1	15,7
		TA	99,0	743,0	14,9	18,7	15,1	13,4
Norrbotten 3	6,6	GR	34,3	193,0	3,9	18,9	15,2	17,4
		TA	230,2	743,0	24,5	23,8	19,3	19,8
Norrbotten 4	17,7	BJ	3,0	69,0	1,0	16,2	12,7	6,8
		GR	39,8	442,0	6,1	15,6	12,5	13,0
		TA	151,9	515,0	19,3	25,4	20,6	16,5
Medelpad 1	4,0	BJ	0,1	5,0	0,0	10,0	10,0	5,4
		GR	140,0	548,0	15,4	23,3	17,5	19,7
		TA	98,3	63,0	8,4	41,8	41,0	26,6
Medelpad 2	4,7	GR	361,6	637,0	32,1	30,4	23,6	24,6
		TA	102,5	89,0	8,9	38,5	34,6	26,1
Medelpad 3	5,0	BJ	8,4	65,0	2,4	27,7	19,7	8,3
		GR	288,3	552,0	26,8	31,2	22,7	24,5
		TA	55,7	47,0	5,2	41,7	36,0	23,9

## Bilaga 5 Avvikelser i stocknotor- Talldominerade bestånd, Norrbotten

Prognosernas avvikelser i antalet stockar för respektive kombination av diameter- och längdklass uttryckt i procent av antalet prognostiserade stockar i diameterklassen.

### DHGK

Längd(cm)	Diameter(mm)								
	140	160	180	200	220	240	260	280	300
340	3	9	5	2	6	8	8	3	-1
370	0	2	0	0	9	5	2	4	1
400	7	-6	-5	1	7	-3	1	2	-7
430	25	0	11	19	7	-1	1	-10	-20
460	-12	-9	-12	-8	-11	-14	-17	-20	-23
490	-9	-9	-7	-15	-18	-7	-19	-27	-20
520	-10	-8	-14	-8	-6	-10	-8	-12	-19
550	1	0	1	-2	-2	-3	-3	-4	-4

### DHGd

Längd(cm)	Diameter(mm)								
	140	160	180	200	220	240	260	280	300
340	-4	1	3	0	4	7	0	0	-1
370	-5	-4	-6	0	11	7	1	2	-1
400	-5	-8	-6	-6	-2	-6	3	6	-6
430	17	6	10	22	-4	-11	3	-14	-24
460	-7	-12	-9	4	-5	-15	-13	-23	-23
490	-7	-8	-6	-13	-21	-9	-16	-28	-20
520	-7	-4	-14	-11	-9	-12	-12	-13	-19
550	0	0	-1	-2	-2	-1	-3	-4	-4

### DHGf

Längd(cm)	Diameter(mm)								
	140	160	180	200	220	240	260	280	300
340	-2	4	-1	1	0	6	0	0	-1
370	-4	-5	-3	-1	6	1	-1	1	-1
400	-6	-6	-5	-5	4	2	5	-4	-7
430	17	5	10	26	-3	-10	7	-9	-24
460	-7	-11	-10	1	-11	-18	-16	-23	-23
490	-7	-8	-7	-11	-17	-10	-15	-29	-20
520	-8	-5	-13	-12	-9	-9	-11	-11	-19
550	0	0	-1	-2	-2	-1	-3	-4	-4

## Bilaga 5 Avvikelser i stocknotor- Talldominerade bestånd, Norrbotten

Prognosernas avvikelser i antalet stockar för respektive kombination av diameter- och längdklass uttryckt i procent av antalet prognostiserade stockar i diameterklassen.

### BmV

Längd(cm)	Diameter(mm)								
	140	160	180	200	220	240	260	280	300
340	0	0	0	0	0	0	0	0	0
370	-14	-74	29	-4	36	13	-2	4	2
400	-11	38	-26	3	49	43	33	9	-1
430	10	-75	-7	-8	-61	-62	-36	58	6
460	-3	32	5	-9	7	-8	-24	-36	0
490	-5	-19	-1	21	31	23	18	0	0
520	6	12	7	-17	-31	1	12	9	0
550	14	35	-7	1	2	-13	-26	-10	0

### DHd

Längd(cm)	Diameter(mm)								
	140	160	180	200	220	240	260	280	300
340	-2	4	-2	2	0	5	3	0	-1
370	-5	-5	-2	-1	6	4	-1	-2	-1
400	-7	-4	-6	-6	2	0	7	-5	-7
430	20	2	14	21	-6	-10	-4	-9	-24
460	-7	-11	-10	-1	-9	-18	-12	-23	-23
490	-6	-8	-9	-6	-14	-5	-16	-29	-20
520	-9	-5	-14	-12	-10	-10	-9	-12	-19
550	0	1	-1	-2	-2	-2	-3	-4	-4

### DHf

Längd(cm)	Diameter(mm)								
	140	160	180	200	220	240	260	280	300
340	-3	1	3	1	3	6	2	1	-1
370	-6	-4	-6	-1	10	9	3	0	-1
400	-6	-7	-7	-7	-4	-6	2	3	-6
430	20	3	14	20	-6	-10	-7	-14	-24
460	-8	-11	-10	2	-6	-15	-9	-23	-23
490	-6	-8	-8	-8	-17	-5	-15	-28	-20
520	-8	-4	-15	-12	-10	-11	-12	-13	-19
550	0	0	-1	-2	-2	-2	-3	-4	-4

## Bilaga 6 Avvikelser i stocknotor- Grandominerade bestånd, Medelpad

Prognosernas avvikelser i antalet stockar för respektive kombination av diameter- och längdklass uttryckt i procent av antalet prognostiserade stockar i diameterklassen.

### Avvikelser mot inmätning VMF

BraBeta										
Längd(cm)	Diameter(mm)									
	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
400	-1	-4	-4	-35	-49	-30	-339	-13	-5	-3
430	10	-22	-6	-5	-1	-2	-8	-2	-3	-2
460	3	-33	-14	-9	-1	-1	-21	3	-10	-14
490	6	-32	-5	-8	0	-1	-13	-3	-23	-9
520	-1	-34	-8	-8	-1	0	-13	-9	-14	-9
550	25	55	11	-23	-7	-4	-13	35	66	86
610	0	-2	31	-30	37	34	12	-1	0	0

BraEjBeta										
Längd(cm)	Diameter(mm)									
	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
400	-1	-4	-4	-42	-58	-30	-395	-15	-5	-3
430	12	-21	-4	-6	-1	-1	-9	-2	-3	-2
460	3	-31	-12	-10	-1	-1	-24	7	-10	-13
490	6	-31	-5	-9	0	-1	-15	-4	-22	-9
520	-1	-32	-5	-8	-1	0	-15	-10	-12	-9
550	24	57	12	-24	-7	-4	-15	23	66	86
610	0	-2	31	-34	36	37	5	-1	0	0

NäsBeta										
Längd(cm)	Diameter(mm)									
	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
400	-1	-4	-4	-36	-53	-35	-365	-7	-5	-3
430	11	-20	-5	-5	-1	-1	-9	-2	-3	-2
460	4	-30	-13	-9	-1	-1	-22	9	-11	-14
490	6	-30	-7	-8	0	-1	-14	-2	-24	-9
520	0	-31	-6	-7	-1	0	-14	-9	-13	-9
550	24	58	11	-22	-7	-4	-14	22	64	85
610	0	-2	31	-23	38	42	8	-1	0	0

NäsEjBeta										
Längd(cm)	Diameter(mm)									
	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
400	-1	-4	-4	-37	-56	-31	-383	-15	-5	-3
430	11	-22	-4	-5	-1	-1	-9	-2	-3	-2
460	2	-32	-12	-9	-1	-1	-23	7	-10	-13
490	7	-31	-7	-8	0	-1	-14	-3	-22	-8
520	-1	-32	-5	-8	-1	0	-14	-9	-12	-9
550	26	57	12	-23	-7	-4	-14	22	67	86
610	0	-2	32	-34	38	40	11	-1	0	0

**Bilaga 6 Avvikelser i stocknotor- Grandominerade bestånd, Medelpad**

Prognosernas avvikelser i antalet stockar för respektive kombination av diameter- och längdklass uttryckt i procent av antalet prognostiserade stockar i diameterklassen.

**Avvikelser mot inmätning TUNADAL**

<b>BraBeta</b>										
<b>Längd(cm)</b>	<b>Diameter(mm)</b>									
	<b>140</b>	<b>160</b>	<b>180</b>	<b>200</b>	<b>220</b>	<b>240</b>	<b>260</b>	<b>280</b>	<b>300</b>	<b>320</b>
<b>400</b>	-1	-4	-9	-47	-55	-27	-286	-1	-1	-1
<b>430</b>	9	-23	-5	-4	-1	-1	-3	-2	-2	-1
<b>460</b>	3	-33	-12	-5	-2	-3	-50	8	-7	-7
<b>490</b>	5	-32	-2	-2	-1	-1	-35	-3	-15	-6
<b>520</b>	-4	-27	-6	-3	-1	0	-16	-12	-10	-4
<b>550</b>	21	60	12	-12	-3	-2	-10	31	70	90
<b>610</b>	-1	-11	22	-19	44	40	54	0	0	0

<b>BraEjBeta</b>										
<b>Längd(cm)</b>	<b>Diameter(mm)</b>									
	<b>140</b>	<b>160</b>	<b>180</b>	<b>200</b>	<b>220</b>	<b>240</b>	<b>260</b>	<b>280</b>	<b>300</b>	<b>320</b>
<b>400</b>	-1	-4	-9	-54	-64	-27	-334	-1	-1	-1
<b>430</b>	11	-22	-3	-4	-1	-1	-4	-2	-2	-1
<b>460</b>	2	-31	-11	-5	-2	-3	-57	13	-7	-7
<b>490</b>	5	-31	-2	-3	-1	-1	-41	-4	-15	-6
<b>520</b>	-4	-26	-3	-3	-1	0	-19	-13	-9	-4
<b>550</b>	20	62	13	-13	-3	-2	-11	19	70	90
<b>610</b>	-1	-10	23	-22	43	43	53	0	0	0

<b>NäsBeta</b>										
<b>Längd(cm)</b>	<b>Diameter(mm)</b>									
	<b>140</b>	<b>160</b>	<b>180</b>	<b>200</b>	<b>220</b>	<b>240</b>	<b>260</b>	<b>280</b>	<b>300</b>	<b>320</b>
<b>400</b>	-1	-3	-9	-47	-59	-32	-308	5	-1	-1
<b>430</b>	10	-21	-3	-4	-1	-1	-3	-2	-2	-1
<b>460</b>	3	-30	-11	-4	-2	-3	-54	14	-7	-7
<b>490</b>	5	-30	-5	-2	-1	-1	-38	-1	-16	-6
<b>520</b>	-3	-25	-4	-3	-1	0	-17	-12	-9	-4
<b>550</b>	20	63	12	-11	-3	-2	-10	18	68	90
<b>610</b>	-1	-10	22	-12	45	47	53	0	0	0

<b>NäsEjBeta</b>										
<b>Längd(cm)</b>	<b>Diameter(mm)</b>									
	<b>140</b>	<b>160</b>	<b>180</b>	<b>200</b>	<b>220</b>	<b>240</b>	<b>260</b>	<b>280</b>	<b>300</b>	<b>320</b>
<b>400</b>	-1	-4	-9	-49	-62	-29	-324	-1	-1	-1
<b>430</b>	10	-23	-3	-4	-1	-1	-4	-2	-2	-1
<b>460</b>	2	-32	-11	-5	-2	-3	-55	13	-7	-7
<b>490</b>	6	-31	-4	-3	-1	-1	-39	-3	-15	-5
<b>520</b>	-4	-26	-3	-3	-1	0	-18	-12	-9	-3
<b>550</b>	22	62	13	-12	-3	-2	-11	18	70	90
<b>610</b>	-1	-10	24	-22	46	45	58	0	0	0



Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation. Rapporterna är indelade i följande grupper: Riksskogstaxeringen, Planering och inventering, Biometri, Fjärranalys, Kompendier och undervisningsmaterial, Examensarbeten samt internationellt. Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

---

### **Riksskogstaxeringen:**

- 1995    1    Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog.  
ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2    Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning.  
- metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden.  
ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 1997    23    Lundström, A., Nilsson, P. & Ståhl, G. Certifieringens konsekvenser för möjliga uttag  
av industri- och energived. - En pilotstudie. ISRN SLU-SRG-AR--23--SE.
- 24    Fridman, J. & Walheim, M. Död ved i Sverige. - Statistik från Riksskogstaxeringen.  
ISRN SLU-SRG-AR--24--SE.
- 1998    30    Fridman, J. & Kihlblom, D. & Söderberg, U. Förslag till miljöindexsystem för natur-  
typen skog. ISRN SLU-SRG-AR--30--SE.
- 34    Löfgren, P. Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. En skattning av  
arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--34--SE.
- 37    Odell, G. & Ståhl, G. Vegetationsförändringar i svensk skogsmark mellan 1980- och  
90-talet. -En studie grundad på Ståndortskarteringen. ISRN SLU-SRG-AR--37--SE.
- 38    Lind, T. Quantifying the area of edge zones in Swedish forest to assess the impact of  
nature conservation on timber yields. ISRN SLU-SRG-AR--38--SE.
- 1999    50    Ståhl, G., Walheim, M. & Löfgren, P. Fjällinventering. - En utredning av innehåll och  
design. ISRN SLU-SRG--AR--50--SE.
- 52    Riksskogstaxeringen inför 2000-talet. - Utredningar avseende innehåll och omfattning i  
en framtida Riksskogstaxering. Redaktörer: Jonas Fridman & Göran Ståhl.  
ISRN SLU-SRG-AR--52--SE.
- 54    Fridman, J. m.fl. Sveriges skogsmarksarealer enligt internationella ägoslags-  
definitioner. ISRN SLU-SRG-AR--54--SE.
- 56    Nilsson, P. & Gustafsson, K. Skogsskötseln vid 90-talets mitt - läge och trender.  
ISRN SLU-SRG-AR--56--SE.
- 57    Nilsson, P. & Söderberg, U. Trender i svensk skogsskötsel - en intervjuundersökning.  
ISRN SLU-SRG-AR--57--SE.

- 1999 61 Broman, N & Christoffersson, J. Mätfel i provträdsvariabler och dess inverkan på precision och noggrannhet i volymskattningar. ISRN SLU-SRG-AR--61--SE.

### **Planering och inventering:**

- 1995 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE
- 1996 15 van Kerkvoorde, M. A sequential approach in mathematical programming to include spatial aspects of biodiversity in long range forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE.
- 1997 18 Christoffersson, P. & Jonsson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN SLU-SRG-AR--18--SE.
- 19 Ståhl, G., Ringvall, A. & Lämås, T. Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-SRGL-AR--19--SE.
- 25 Lämås, T. & Ståhl, G. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventerings-simulering - En handledning till programpaketet "NVSIM". ISRN SLU-SRG-AR--25--SE.
- 26 Lämås, T. & Ståhl, G. Om dektering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE.
- 1999 59 Petersson, H. Biomassafunktioner för trädfraktioner av tall, gran och björk i Sverige. ISRN SLU-SRG-AR--59--SE.

### **Biometri:**

- 1996 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SEG-AR--22--SE.

### **Fjärranalys:**

- 1997 28 Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
- 29 Hagner, O. Textur till flygbilder för skattning av beståndsegenskaper. ISRN SLU-SRG-AR--29--SE.
- 1998 32 Dahlberg, U., Bergstedt, J. & Pettersson, A. Fältinstruktion för och erfarenheter från vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. ISRN SLU-SRG-AR--32--SE.
- 43 Wallerman, J. Brattåkerinventeringen. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.

- 1999 51 Holmgren, J., Wallerman, J. & Olsson, H. Plot - Level Stem Volume Estimation and Tree Species Discrimination with Casi Remote Sensing. ISRN SLU-SRG-AR--51--SE.
- 53 Reese, H. & Nilsson, M. Using Landsat TM and NFI data to estimate wood volume, tree biomass and stand age in Dalarna. ISRN SLU-SRG-AR--53--SE.

### **Kompendier och undervisningsmaterial:**

- 1996 14 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 92/96. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 21 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. En analys av skogsstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--21--SE.
- 1998 42 Holm, S. & Lämås, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. An analysis of the state of the forest and of some management alternatives for the Östad estate. ISRN SLU-SRG-AR--42--SE.
- 1999 58 Holm, S. samt studenter vid Sveriges lantbruksuniversitet i samband med kurs i strategisk och taktisk skoglig planering år 1998. En analys av skogsstillståndet samt några alternativa avverknings beräkningar för Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--58--SE.

### **Examensarbeten:**

- 1995 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE.
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Örnsköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (*Quercus Robur* L.) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--10--SE.

- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE.
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forest management planning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE.
- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares skogsbruk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--16--SE.
- 1997 17 Engberg, M. Naturvärden i skog lämnad vid slutavverkning. - En inventering av upp till 35 år gamla förnygringsytor på Sundsvalls arbetsomsåde, SCA. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN-SLU-SRG-AR--17--SE.
- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE.
- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE.
- 1998 31 Bendz, J. SÖDRAs gröna skogsbruksplaner. En uppföljning relaterad till SÖDRAs miljömål, FSC's kriterier och svensk skogspolitik. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--31--SE.
- 33 Jonsson, Ö. Trädskikt och ståndortsförhållanden i strandskog. - En studie av tre bäckar i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--33--SE.
- 35 Claesson, S. Thinning response functions for single trees of Common oak (*Quercus Robur* L.) Examensarbete. ISRN SLU-SEG-AR--35--SE.
- 36 Lindskog, M. New legal minimum ages for final felling. Consequences and forest owner attitudes in the county of Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--36--SE.
- 40 Persson, M. Skogsmarksindelningen i gröna och blå kartan - en utvärdering med hjälp av riksskogstaxeringens provytor. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--40--SE.
- 41 Eriksson, F. Markbaserade sensorer för insamling av skogliga data - en förstudie. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--41--SE.
- 45 Gessler, C. Impedimentens potentiella betydelse för biologisk mångfald. - En studie av myr- och bergimpediment i ett skogslandskap i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--45--SE.

- 46 Gustafsson, K. Långsiktsplanering med geografiska hänsyn - en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--46--SE.
- 47 Holmgren, J. Estimating Wood Volume and Basal Area in Forest Compartments by Combining Satellite Image Data with Field Data. Examensarbete i ämnet Fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--47--SE.
- 49 Härdelin, S. Framtida förekomst och rumslig fördelning av gammal skog. - En fallstudie på ett landskap i Bräcke arbetsområde. Examensarbete SCA. ISRN SLU-SRG-AR--49--SE.
- 1999 55 Imamovic, D. Simuleringsstudie av produktionskonsekvenser med olika miljömål. Examensarbete för Skogsstyrelsen. ISRN SLU-SRG-AR--55--SE.
- 62 Fridh, L. Utbytesprognoser av rotstående skog. Examensarbete i skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--62--SE.

#### **Internationellt:**

- 1998 39 Sandewall, Ohlsson, B & Sandewall, R.K. People's options on forest land use - a research study of land use dynamics and socio-economic conditions in a historical perspective in the Upper Nam Nan Water Catchment Area, Lao PDR. ISRN SLU-SRG-AR--39--SE.
- 44 Sandewall, M., Ohlsson, B., Sandewall, R.K., Vo Chi Chung, Tran Thi Binh & Pham Quoc Hung. People's options on forest land use. Government plans and farmers intentions - a strategic dilemma. ISRN SLU-SRG-AR--44--SE.
- 48 Sengthong, B. Estimating Growing Stock and Allowable Cut in Lao PDR using Data from Land Use Maps and the National Forest Inventory (NFI). Master thesis. ISRN SLU-SRG-AR--48--SE.
- 1999 60 Inter-active and dynamic approaches on forest and land-use planning - proceedings from a training workshop in Vietnam and Lao PDR, April 12-30, 1999. Edited by Mats Sandewall ISRN SLU-SRG-AR--60--SE.